

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv klimatických faktorů a mikroklimatu stáje na
užitkovost dojnic**

Diplomová práce

**Bc. Kateřina Cihlářová
Zemědělství a rozvoj venkova
Ekologické zemědělství**

Ing. Matúš Gašparík, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv klimatických faktorů a mikroklimatu stáje na užítkovost dojnic" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20.04.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu Ing. Gašparíkovi PhD. za spolupráci, rady a pomoc při psaní diplomové práce a také Ing. Ducháčkovi PhD. za pomoc s vyhodnocením výsledků. Dále celé rodině za podporu během celého studia.

Vliv klimatických faktorů a mikroklimatu stáje na užitkovost dojnic

Souhrn

Diplomová práce byla zaměřena na posouzení vztahu zvolených klimatických a mikroklimatických faktorů na užitkovost dojnic holštýnského skotu chovaných v podmínkách vybraného chovu v České republice.

První část práce pojednávala o obecném riziku klimatické změny v zemědělství, poté přímo o rizicích vztahující se k chovu dojeného skotu. Část byla věnována také aktuální největší hrozbě spojené s klimatickými faktory v chovech skotu, tedy tepelnému stresu. Následná část byla věnována konkrétním znakům užitkovosti v souvislosti s vlivem klimatických faktorů. Zmíněna byla například dojivost, tuk, bílkovina, laktóza nebo somatické buňky, zmíněno bylo ovšem i riziko mastitid. Další kapitoly pojednávala o stájovém mikroklimatu a následně o kvalitě stájového prostředí, tedy prachových částicích a stájových plynech. Zahrnuty byly samozřejmě i metody úpravy stájového prostředí a rekonstrukční úpravy stáje, jako jsou zelené střechy, ventilace nebo třeba vodní matrace.

Praktická část práce se zaměřovala na práci s hodnotami o klimatických faktorech, mikroklimatických faktorech a informacemi o užitkovosti dojnic. Data o klimatických faktorech byla získána ze stanice ČHMU. Data o užitkovosti dojnic jsme získali z "real-time" analýzy Afilab ze software Afifarm 4.1, pro každé dojení a každou dojnici zahrnutou ve výzkumu. Data o mikroklimatu stáje byla získána z datalogeru, který byl umístěn ve středu produkční stáje, ve výšce 2,5 m, tento dataloger měřil teplotu a vlhkost v 15 minutových intervalech. Do pokusu bylo zahrnuto 754 zvířat (na první laktaci 346, na druhé laktaci 168 a na třetí a vyšší laktaci 231). Dojnice byly následně rozděleny do 4 skupin podle fáze laktace (1.fáze 0-100 dní, 2.fáze 101-200 dní, 3.fáze 201-300 dní, 4.fáze 301 dní – konec laktace). Data byla vyhodnocena pomocí statistického programu SAS. Využity byly testy základní statistiky, korelace a procedura GLM. Tvorba tabulek a grafů byla následně provedena v programu MS Excel.

Byly zjištěny statisticky průkazné vztahy mezi klimatickými faktory a užitkovostí dojnic. Nejvíce ovlivněným znakem byl obsah tuku, u kterého byly dokázány slabé průkazné korelace. Obsah tuku negativně koreloval s maximální teplotou ($r = -0,175$), dále s minimální teplotou ($r = -0,200$) a s průměrnou teplotou ($r = -0,185$).

Statisticky významné vztahy byly prokázány také mezi mikroklimatickými faktory a užitkovostí dojnic. Faktory počasí měli průkazné korelační vztahy s nádojem, dobou dojení, obsahem laktózy, obsahem tuku a obsahem bílkovin. Nejvíce ovlivněným znakem byl obsah tuku, u kterého byly dokázány slabé průkazné korelace. Obsah tuku negativně koreloval s maximální teplotou ($r = -0,125$), dále s minimální teplotou ($r = -0,197$), s průměrnou teplotou ($r = -0,189$), maximální vlhkostí ($r = -0,115$) a s THI ($r = -0,125$). Dále významně negativně koreloval obsah bílkovin s maximální vlhkostí ($r = -0,110$).

Potvrzen byl velmi silný vztah klimatických podmínek a mikroklimatu stáje. Pozitivní korelační vztahy jsme našli mezi minimální vlhkostí a průměrnou teplotou, mezi průměrnou

vlhkostí a průměrnou vlhkostí. Dále mezi minimální teplotou a průměrnou teplotou, minimální teplotou a minimální teplotou, minimální teplotou a maximální teplotou. Mezi maximální teplotou a průměrnou teplotou, maximální teplotou a minimální teplotou, maximální teplotou a maximální teplotou. Negativně spolu korelovali minimální vlhkost a průměrná teplota, minimální vlhkost a maximální teplota, minimální vlhkost a sluneční svit. Dále došlo ke korelaci mezi průměrnou vlhkostí a slunečním svitem, mezi maximální teplotou a průměrnou vlhkostí a maximální teplotou a slunečním svitem.

Extrémní počasí nejvíce ovlivňovalo dojnice ve fázi do 100 dní laktace a nejméně dojnice od 300 dní do konce laktace. Z pohledu pořadí laktace byly jako nejcitlivější skupina vyhodnoceny dojnice na třetí a vyšší laktaci, naopak nejméně citlivé byly dojnice na první laktaci.

Klíčová slova: holštýnské plemeno; mikroklima; nádoj; teplota; tepelný stres; vlhkost

The influence of climatic factors and the microclimate of the stable on the productivity of dairy cows

Summary

The aim of the thesis was to assess the relationship of selected climatic and microclimatic factors to the productivity of dairy Holstein cattle reared in selected farms in the Czech Republic.

The first part of the thesis dealt with the general risk of climate change in agriculture, then directly with the risks related to raising dairy cattle. This part was also devoted to the current greatest threat associated with climatic factors in cattle breeding, which is heat stress. The next part was devoted to specific signs of utility in connection with the influence of climatic factors. For example, milk yield, fat, protein, lactose or somatic cells were mentioned, but the risk of mastitis was also mentioned. Other chapters discussed the stable microclimate and subsequently the quality of stable environment, like dust particles and stable gases. Of course, the methods of modifying the stable environment and reconstructing the stable were also involved, such as green roofs, ventilation or perhaps water mattresses.

The practical part of the work focused on working with data on climatic factors, microclimatic factors and information on the productivity of dairy cows. Data on climate factors were obtained from ČHMÚ station, specifically from the Lázně station. We obtained dairy cow performance data from Afilab „real-time“ analyzer from Afifarm 4.1 software, for each milking dairy cow included in the research. Data on the microclimate of the barn were obtained from a data logger. The data logger was located in the centre of the production barn, at a height of 2.5 metres. This data logger measures temperature and humidity at 15-minute intervals. 754 animals were included in the experiment (346 in the first lactation, 168 in the second lactation and 231 in the third and higher lactation). The cows were divided into 4 groups according to the stage of lactation (1. stage 0 – 100 days, 2. stage 101 – 200 days, 3. stage 201 – 300 days, 4. stage 301 days until the end of lactation). Data were evaluated using the SAS statistical program. Basic statistics, correlation and GLM procedure were used. Tables and graphs were subsequently created in MS Excel.

Statistically proven relationships between climatic factors and productivity of dairy cows were demonstrated in the work. The most affected trait was fat content, for which weak conclusive correlations were demonstrated. The fat content was negatively correlated with the maximum temperature ($r = -0.175$), then with the minimum temperature ($r = -0.200$) and with the relative temperature ($r = -0.185$).

Statistically significant relationships were also demonstrated between microclimatic factors and productivity of dairy cows. Weather factors had strong correlations with milk yield, milking time, lactose content, fat content and protein content. The most affected trait was fat content, for which weak conclusive correlations were demonstrated. Fat content was negatively correlated with maximum temperature ($r = -0.125$), then with minimum temperature ($r = -0.197$), with relative temperature ($r = -0.189$), maximum humidity ($r = -0.115$) and with THI ($r = -0.125$). Furthermore, protein content was significantly negatively correlated with maximum humidity ($r = -0.110$).

A very strong relationship between climatic conditions and the microclimate of the stable was confirmed. We found positive correlations between minimum humidity and relative temperature, between relative humidity and relative humidity. Furthermore, between minimum temperature and relative temperature, minimum temperature and minimum temperature, minimum temperature and maximum temperature. Between maximum temperature and relative temperature, maximum temperature and minimum temperature, maximum temperature and maximum temperature. Minimum humidity and relative temperature, minimum humidity and maximum temperature, minimum humidity and sunshine were negatively correlated. Furthermore, there was a correlation between relative humidity and sunshine, between maximum temperature and relative humidity, and maximum temperature and sunshine. Extreme weather most affected dairy cows in the phase up to 100 days of lactation and least affected dairy cows from 300 days to the end of lactation. From the point of view of the order of lactation, dairy cows in the third and higher lactations were evaluated as the most sensitive group, on the contrary, dairy cows in the first lactation were the least sensitive.

Keywords: holstein breed; microclimate; milk yield; temperature; heat stress; humidity

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Vědecká hypotéza a cíle práce.....	3
3 Literární rešerše.....	4
3.1 Klimatická změna v zemědělství.....	4
3.1.1 Klimatické faktory ovlivňující dojný skot.....	4
3.1.2 Termoneutrální zóna.....	5
3.2 Tepelný stres.....	6
3.2.1 Metabolická produkce tepla.....	7
3.2.2 Fyziologické účinky tepelného stresu.....	7
3.2.3 Změny v chování.....	8
3.3 Vliv klimatických faktorů na užitkovost.....	11
3.3.1 Dojivost.....	11
3.3.2 Složky.....	12
3.3.3 Tuk.....	12
3.3.4 Laktóza.....	13
3.3.5 Bílkovina.....	13
3.3.6 Kasein.....	13
3.3.7 Somatické buňky.....	13
3.3.8 Mastitidy.....	14
3.4 Stájové mikroklima.....	15
3.4.1 Teplota vzduchu.....	15
3.4.2 Relativní vlhkost a srážky.....	16
3.4.3 Rychlost větru.....	16
3.4.4 Sluneční záření.....	16
3.5 Kvalita stájového ovzduší.....	17
3.5.1 Prachové částice.....	17
3.5.2 Stájové plyny.....	17
3.5.2.1 Amoniak.....	18
3.5.2.2 Metan.....	19
3.5.2.3 Oxid uhličitý.....	20
3.5.2.4 Sirovodík.....	20
3.6 Úprava stájového prostředí.....	20
3.6.1 Nucená ventilace.....	21
3.6.2 Přirozená ventilace.....	21
3.6.3 Kapalná zařízení.....	22
3.6.4 Vodní matrace.....	22

3.7	Rekonstrukční úpravy stáje	23
3.7.1	Zelené střechy	23
3.7.2	PUR panely	24
	3.7.2.1 PIR pěna	25
3.7.3	Boční svinovací plachty	25
3.7.4	Automatická čidla na plachty	26
4	Metodika	27
4.1	Farma a zvířata	27
4.2	Design experimentu	27
4.3	Sběr dat	28
4.4	Statistické vyhodnocení	28
5	Výsledky	30
5.1	Základní statistiky k pozorovaným parametrům	30
5.1.1	Základní statistiky podle pořadí laktace	31
5.1.2	Základní statistiky pro vybrané měsíce	33
	5.1.2.1 Parametry hodnocené na dojnících	33
	5.1.2.1 Klimatické a mikroklimatické faktory	36
5.2	Grafické vyhodnocení vztahů mezi hodnotami	40
5.3	Korelace	43
5.4	Vyhodnocení ANOVA	46
6	Diskuze	66
6.1	Vliv klimatických faktorů na užitkovost dojnic	66
6.2	Vliv mikroklimatických faktorů na užitkovost dojnic	67
6.3	Vliv klimatických faktorů na mikroklima stáje	68
6.4	Vliv klimatických a mikroklimatických faktorů na různé skupiny	69
7	Závěr	71
8	Literatura	72

1 Úvod

Chov dojeného skotu je v našich podmínkách jedním z hlavních odvětví zemědělství. Dojený skot vyniká nejen v produkci mléka, ale prostřednictvím pastvy ovlivňuje také krajinný ráz a působí i na zlepšení půdní úrodnosti. Pro vysoký obsah živočišné bílkoviny, vstřebatelný vápník, minerální látky i vitamíny je mléko řazeno mezi základní složky ve výživě lidí po celém světě. Nutriční hodnota je ještě významnější u mléčných výrobků obohacených o probatické bakterie. Kravské mléko se podílí na roční produkci mléka z 83 %.

Přesto, že EU leží v mírné a studeném podnebném pásu, které se vyznačují ideálními podmínkami pro chov skotu, i v těchto podmínkách je do budoucna nutné počítat s narůstající změnou klimatu. Tak, jako se zvyšují nároky na produkci mléka u vysokoprodukčních dojnic, zvyšuje se také jejich náchylnost na vlivy vnějšího prostředí. V dnešní době se za jeden z nejobávanějších faktorů ovlivňující užitkovost dojnic považuje tepelný stres. Dojnice však omezují nejen vysoké teploty, ale například také vysoká vlhkost vzduchu, která je právě s tepelným stresem velmi těsně spojena. Jsou-li dojnice postiženy působením nevyhovujících klimatických faktorů či stájového mikroklimatu, má to za následek nejen sníženou užitkovost, ale nemálo kdy také sníženou kvalitu produkce a zdravotní problémy.

Aby bylo zmírněno působení zmíněných faktorů na dojnice, je nutná především větší informovanost ze stran chovatelů a následně praktické využití systémů ovlivňující mikroklima uvnitř stáje. V posledních letech se mezi chovateli dojeného skotu ve velké míře využívají systémy PUR panelů, které regulují mikroklima stájí, díky částečné tepelné izolaci. Další cestou, která by mohla být v budoucnu využívána je budování zelených střech, které by mohly sloužit jako částečný způsob regulace vysokých teplot, jejich vybudování je však především technicky relativně náročné. Mezi mechanizaci, která je dnes již velmi obvykle využívána patří nucená ventilace spojená s evaporací, použití mlžičů však musí být velmi dobře promyšleno, aby neovlivňovalo kvalitu podestýlky v boxech. Vhodné je využití automatických čidel, která fungují na principu snímání teplot či vlhkosti ve stáji a následně ovlivňují například ventilaci, evaporaci či svinování bočních plachet ve stáji. Kvalitu mikroklimatu lze ve velké míře ovlivnit například i výměnou podestýlky či využitím lehacích matrací. Správnou cestou je samozřejmě i omezení podlahových roštů či hluboké podestýlky v chovech a udržování hygieny prostředí. Neodmyslitelnou součástí ovlivnění stájového prostředí je přirozená ventilace, jejíž využití ovlivňuje správná konstrukce stáje. Ovlivňujícími faktory jsou převládající proudění vzduchu a odpovídající orientace stáje, velikost hřebenové štěrbiny apod. Využití zmíněných úprav následně ovlivňuje welfare a kvalitu života dojnic.

Využití moderních technologií pro optimalizaci mikroklimatu i nové poznatky o konstrukčním řešení stájí jsou cestou pro eliminaci extrémních vlivů počasí. I přes snahu upravit stájové prostředí, však dochází k působení těchto vlivů na chovaná zvířata. Při aktuální změně klimatu je vysoký index teploty a vlhkosti jedním z významných problémů, který může v chovech dojeného skotu způsobovat výrazné snížení produkce mléka i zhoršit zdravotní stav celého stáda. Do budoucna tak bude pravděpodobně potřeba rozvíjet i šlechtění zvířat a linií odolnějších vůči měnícím se nevyhovujícím klimatickým podmínkám.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce bude vyhodnotit vliv externích faktorů počasí a mikroklimatických podmínek stáje na užitkovost dojnic. Cílem vyhodnocení je zjistit, které faktory mají nejvýznamnější vliv a které skupiny dojnic jsou nejvíce postiženy. Dílčím cílem je zjistit do jaké míry počasí ovlivňuje mikroklima moderní stáje pro dojnice. Dílčím cílem práce bude také vypracovat literární rešerši, která uvede čtenáře do této problematiky a poskytne přehled o aktuálních poznatcích o možnostech kontroly mikroklimatu stáje, popis klimatických faktorů ovlivňující dojnice, a působení tepelného stresu na organismus a produkci dojnic.

Hypotézy: Počasí a mikroklimatické podmínky stáje budou mít významný vliv na užitkovost dojnic. Některé klimatické faktory mají silnější vliv. Vysoce užitkové dojnice a dojnice na vyšších laktacích budou více ovlivněny výskytem extrémního počasí. Moderní stáj dokáže regulovat vliv extrémního počasí na mikroklima stáje.

3 Literární rešerše

3.1 Klimatická změna v zemědělství

Po celém světě dochází k neustále se zintenzivňující změně klimatu, kterou jsou ovlivněny ekosystémy, rostlinná i živočišná rozmanitost i potravinová bezpečnost. Přímé i nepřímé účinky globálního oteplování v kombinaci se stále se zvětšujícími extrémny počasí jsou velmi vážnými problémy pro živočišnou výrobu (Gauly & Ammer 2020). Klimatické modely ukazují, že předpokládaný zvláště silný nárůst teplot proběhne ve velké části severovýchodní Evropy, především pak v zimě. V létě se očekává nejsilnější oteplení v jižní a jihozápadních částech Evropy. Společně s nárůstem teplot se neodmyslitelně přidají i změny vlhkosti (srážky) a větrného režimu (Hempel et al. 2019). V tomto ohledu je identifikace jasných korelací mezi parametry prostředí a fyziologickými reakcemi skotu výchozím bodem pro statistické modelování jejich účinků na budoucí welfare a produkci mléka u dojnic (Mylostyvyi & Chernenko 2019).

Mezi dopady změny klimatu týkající se skotu patří produkce pastvin, kvalita krmiva, výživa, životní podmínky, zdraví, intenzita laktace apod. Nepřímé i přímé účinky korelují s výkonností zvířat, selekcí zvířat na vyšší užitkovost se jejich náchylnost ke změně klimatu zvyšuje. Kumulativní účinky jako je vysoká teplota a zvýšené zatížení patogeny tyto dopady prohlubují. Abychom byli schopni se s těmito dopady vyrovnat, je nutné přejít k mnohým strategiím přizpůsobení a zmírnění dopadů. Tyto strategie zahrnují management, ustájení, výživu apod. Z dlouhodobého hlediska bude nutná genetická adaptace hospodářských zvířat, zejména těch s vysokou užitkovostí. Změna klimatu může vést až k ovlivnění zdraví, k onemocnění nebo smrti. Tyto účinky mohou být způsobeny změnami v endokrinním a imunitním systému (Gauly & Ammer 2020).

V některých regionech již začínají být změny markantní a tak dochází ke snaze zemědělců se přizpůsobit podmínkám. Často zavedenými změnami jsou úpravy vstupů (hnojiva, zavlažování), výběr vhodných plodin, celoroční pokryv půdy, řízená pastva, vhodné osevňovací postupy atd. Reakce na přímé dopady zahrnují zlepšení hospodaření s krmivem (vyváženost krmiva, doplňky, druhy píce), genetický výběr, předcházení onemocnění, řízení mikroklimatu (ventilace atd.), sezónnost reprodukce (Henry et al. 2018).

3.1.1 Klimatické faktory ovlivňující dojný skot

Očekává se, že změna klimatu přinese do celé Evropy sušší teplejší léta a současně zvýšenou frekvenci extrémních povětrnostních jevů. Tyto jevy budou mít neodmyslitelně vliv na pohodu hospodářských zvířat, přímo prostřednictvím enormních klimatických jevů a nepřímo z důvodu nedostatku krmiva, pastvin a rozšíření škůdců a parazitů (Hill & Wall 2015). Klima je kombinací prvků, jako je teplota, vlhkost, srážky, proudění vzduchu, sluneční záření, barometrický tlak a ionizace. Klimatické oblasti závisí na zeměpisné šířce, převládajícím proudění vzduchu, podmínkách vypařování, dostupnosti vody, nadmořské výšce a dalších faktorech (West 2003). Vlhkost, rychlost vzduchu a sluneční záření mohou významně ovlivnit fyziologii zvířat a společně působit na jejich termoregulaci. Pro hodnocení

vlivů těchto faktorů je využito mnoho indexů, zpravidla jsou všechny budovány v korelaci mezi faktory prostředí a jednotlivými ukazateli funkčního stavu dojnice (Mylostyvyi & Chernenko 2019). Tyto dopady samozřejmě nejintenzivněji působí na zvířata chovaná v geografických oblastech, kde zabírá velkou část roku letní sezóna a je zde tedy stálá přítomnost slunečního záření a vysoká vlhkost, což má za následek minimální možnost úlevy od horka. Nepříznivé klimatické faktory však samozřejmě zažívají i dojnice v severnějších oblastech, kde je letní období kratší, ale během nočních hodin dochází k minimálnímu poklesu teplot (Polsky & Keyserlingk 2017). Přestože je tepelná zátěž dojnic ovlivněna všemi výše zmíněnými faktory, bylo zjištěno, že dojnice mohou tolerovat relativně vysoké denní teploty při dostatečném nočním zchlazení. Při období teplot nižších než je 20°C po dobu 3 – 6 hodin dojde k minimalizaci poklesu dojivosti (West 2003). Většina studií zabývající se touto problematikou se zaměřuje na fyziologická opatření, která však zohledňují pouze zdravotní a biologické aspekty welfare. Ale nezabývají se konceptem, který bere v úvahu i aspekty psychického zdraví, ačkoli je čím dál jasné, že při vystavení zvířat nevyhovujícímu klimatu se začne projevovat bolest či frustrace. Je zřejmé, že pokud nastane situace, kdy zvířata nejsou schopna ovlivňovat své základní potřeby (potřeba vody, potřeba stínu) dochází k ohrožení dobrých životních podmínek, která mohou následně ovlivnit i další biologické faktory. I když je náročné klasifikovat subjektivní pocity zvířat, vědci je začali vyhodnocovat pomocí testování preferencí a motivace (Polsky & Keyserlingk 2017).

3.1.2 Termoneutrální zóna

Produktivita a užitkovost zvířat je významně ovlivněna faktory prostředí. Teploty přesahující tepelně neutrální zónu jsou škodlivé pro laktaci, růst i reprodukci u všech hospodářských zvířat (Rhoads et al. 2009). Termoneutrální zóna byla Kadzere et al. (2002) definována jako zóna minimální produkce tepla při normální rektální teplotě. Určení této zóny závisí na věku, plemeni, příjmu krmiva, složení krmiva, produkci, ustájení, tepelné a vodní bilanci zvířat atp.

Nejvyšší naměřená teplota u krav holštýnského plemene byla naměřena během teplotně neutrálního optimálního období, kdy teplota dosahovala 21 °C (Kadzere et al. 2002). Podle Das et al. (2016) se termoneutrální zóna u dojných zvířat pohybuje od -5°C do 25 °C, kdy si zvířata udržují fyziologickou tělesnou teplotu mezi 38,4 a 39,1 °C. V mírném podnebí však stačí teploty vzduchu vyšší než 20°C a v tropickém vyšší než 25°C, aby zvířata produkovala větší množství tepla, než jsou schopna ventilovat a začíná se tak projevovat teplotní stres. MCDowell et al. (1976) uvedli, že sebemenší posuny tělesné teploty dojníc směrem nahoru mají závažný vliv na tkáň a endokrinní funkce, které mohou snížit plodnost, růst, laktaci a životaschopnost. Stabilní tělesná teplota a udržení termoneutrální zóny jsou u dojného skotu předpokladem k maximální efektivitě produkce. Během termického komfortu totiž dochází k minimální tvorbě metabolického tepla a minimálním energetickým výdajům (Zejdová et al. 2014). Zvýšená dojivost, příjem potravy a tvorba metabolického tepla však posouvají termoneutralitu k nižším teplotám (Gantner et al. 2017)

3.2 Tepelný stres

Jedna z největších výzev, kterým v současné době čelí chovatelé dojného skotu je tepelný stres (TS), který se společně se změnou klimatu stále více rozšiřuje. Dojnice v laktaci vytváří velké množství metabolického tepla a akumulují i další sálavé teplo. Produkce a kumulace tepla společně s omezenou schopností chlazení, zvyšují tepelnou zátěž. Tělesná teplota postupně stoupá, což vede ke sníženému příjmu krmiva a snížené produkci mléka (West 2003). Jako indikátor pro zjišťování teplotních klimatických podmínek byl zaveden pojem THI (index teploty a vlhkosti). Hodnoty THI se vypočítávají dle aktuální teploty a vlhkosti. Při hodnotách indexu 70 a méně považujeme podmínky za optimální, 75-78 za stresující a vyšší než 78 způsobující u dojnic extrémní stres, jak naznačuje následující tabulka (Kadzere et al. 2002).

		Relativní vlhkost vzduchu v %											
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Teplota v °C	18	61	61	62	62	62	63	63	63	64	64	64	Prahová hodnota tepelného stresu Mírný až střední tepelný stres Střední až těžký tepelný stres
	19	62	62	63	63	63	64	64	65	65	66	66	
	20	63	63	64	64	65	65	65	66	67	67	68	
	21	63	64	65	65	66	67	67	68	69	69	70	
	22	64	65	66	66	67	68	69	69	70	71	72	
	23	65	66	67	67	68	69	70	71	72	73	73	
	24	66	67	68	69	70	70	71	72	73	74	75	
	25	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	
	26	67	69	70	71	72	73	74	75	77	78	79	
	27	68	69	71	72	73	74	76	77	78	79	81	
	28	69	70	72	73	74	76	77	78	80	81	82	
	29	70	71	73	74	76	77	78	80	81	83	84	
30	71	72	74	75	77	78	80	81	83	84	86		
31	71	73	75	76	78	80	81	83	85	86	88		

Prahová hodnota tepelného stresu - rychlost dýchání přesahuje 60 nádechů za minutu. Produkční i reprodukční problémy. Rektální teplota přesahuje 38,5 °C

Mírný až střední tepelný stres - rychlost dýchání přesahuje 75 nádechů za minutu. Rektální teplota přesahuje 39,0 °C

Střední až těžký tepelný stres - rychlost dýchání přesahuje 85 nádechů za minutu. Rektální teplota přesahuje 40 °C.

Obr. č. 1: Tabulka hodnot teplotně-vlhkostního indexu na základě teploty a relativní vlhkosti vzduchu (Kadzere et al. 2002).

Na základě současných znalostí týkajících se vlivu tepelného stresu na skot byly pro jeho minimalizaci určeny tři strategie. Jedná se o úpravu stájového prostředí (evaporizace, stínění, ventilace atp.), genetický vývoj plemen odolnějších vůči vysokým teplotám a úprava výživy. Kombinace těchto strategií bude do budoucna pravděpodobně nezbytná, především v horkém a vlhkém klimatu. Globální oteplování totiž pravděpodobně povede nejen ke snížené produkci, ale při absenci ochranných zařízení i ke zvýšené úmrtnosti zvířat (West 2003).

Určení ideálních teplot pro dojnice se u různých zdrojů liší. Převládají však zdroje určující tuto teplotu od $-0,5^{\circ}\text{C}$ do 20°C . Teploty vyšší, než je 25°C mohou být pro dojnice kritické. Mezi environmentálními událostmi, jako je zvýšení teplot a projevem těchto jevů a užitkovost však může být časová prodleva. Pokles dojivosti byl významně menší při hodnocení dopadů teplot v ten samý den, než při hodnocení dopadů o 2 dny později po výskytu vysokých teplot. Plný dopad klimatických faktorů je tedy opožděn a může souviset se sníženým příjmem krmiva, využitím spotřebovaných živin nebo se změnami endokrinního stavu dojnic (West 2003).

3.2.1 Metabolická produkce tepla

Produkce tělesného tepla u dojnic se zvyšuje v reakci na zintenzivňující se metabolické procesy, zvýšený příjem živin a požadavky na trávení, při zvyšující se produkci mléka. Tělesná zátěž akumulována dojnici je součtem tepla akumulovaného z prostředí a neodváděného tepla souvisejícího s metabolickými procesy. Je zřejmé, že dojnice v laktaci má o mnoho vyšší produkci tepla, než dojnice během stání na sucho při stejných klimatických podmínkách. Putwanto et al. (1990) provedli pokus, při kterém porovnávali produkci tepla u dojnic s nádojem více než 30kg/den, 18kg/den a dojnic během stání na sucho. Dojnice s vyšší produkcí vytvářely o 27% více tepla, než méně produkční dojnice a o 48 % více tepla než dojnice bez produkce mléka. Berman et al. (1985) při svém pokusu zjistili, že rektální teplota krav s produkcí více než 25kg/den se zvýšila o $0,02^{\circ}\text{C}/\text{kg}$. Navzdory relativně nízké užitkovosti uváděné ve zmíněné práci je jasně naznačeno, že se zvyšující se užitkovostí klesá schopnost adaptace na vyšší teploty.

Metabolické procesy u dojnic poskytují energii pro udržení životaschopnosti, syntézu tělesných tkání, ektogenezi a sekreci mléka. Energie je zároveň vylučována ve formě metanu, dýcháním, stolicí a močí. Produkce tepla je přímo řízena nervovým systémem, endokrinním systémem, prostřednictvím modifikace chuti k příjmu potravy a trávicích procesů. Nepřímo je ovlivněna změnami aktivity respiračních enzymů a syntézou proteinů. Mezi další faktory ovlivňující produkci tepla patří i tělesná velikost. Zaznamenány byly rozdíly mezi plemeny holstein a jersey, kdy byla zjištěna rozdílná rychlost produkce tepla a rozdílný rozptyl tepelné energie, což lze přičíst rozdílu ve velikosti těchto plemen (Kadzere et al. 2002).

3.2.2 Fyziologické účinky tepelného stresu

Během vystavení dojnic nevyhovujícím podmínkám dochází k četným fyziologickým změnám v reakci na snížený příjem živin, nebo v důsledku samotného působení vysokých

teplot. Neurony citlivé na teplotu posílají informace do hypotalamu, což vyvolává fyziologické, anatomické i behaviorální změny ve snaze udržet tělesnou teplotu v rovnováze. Jak bylo zmíněno, skot v reakci na vysoké teploty snižuje příjem krmiva, navíc dochází ke snížení aktivity, vyhledávání stínu a větru, zvýšení frekvence dýchání, zvýšení periferního oběhu a pocení. Tyto reakce mají neblahý dopad nejen na produkci, ale hlavně na fyziologický stav. Krevní tok posunutý do periferních tkání za účelem zchlazení ovlivňuje schopnost metabolismu živin a přispívá tím ke snížené užitkovosti.

Během vystavení TS dochází také k řadě hormonálních změn, jako je pokles plazmatického somatotropinu, glukokortikoidů, tyroxinu a trijodtyroninu. Produkce somatotropinu během reakce na vysoké teploty klesá se zvyšující se produkcí dojníc. Zatímco tyroxin a trijodtyronin klesají především jako reakce na snížený příjem. Řada vědců považuje sníženou koncentraci hormonů za logickou cestu, ke snížení produkce metabolického tepla. Krávy také běžně vykazují změnu acidobazických reakcí v důsledku využití ochlazování odpařováním, jehož důležitost umocňuje právě stoupající teplota. Při dýchání, pocení a lapání po dechu se totiž prudce zvyšují ztráty CO₂, což snižuje její koncentraci v krvi. Výsledkem je narušení rovnováhy mezi kyselinou uhličitou a hydrogenuhličitanem, která je nutná pro udržení pH krve, výsledkem je respirační alkalóza. Kompenzace alkalózy vede ke zvýšení vylučování bikarbonátu močí, což vede k poklesu jeho koncentrace v krvi. Během TS dochází také k širokým výkyvům od alkalózi ke kompenzaci acidózou už během 24 hodin (West 2003). Kadzere et al. (2002) uvádí, že během působení tepelného stresu dochází ke snížení sekrece hormonů štítné žlázy a ke snížení motility střev. Zároveň klesá koncentrace růstového hormonu v plazmě i rychlost sekrece růstového hormonu, především při teplotách vyšších 35 °C nebo THI nad 70.

Vlivem působení na hypotalamus dochází ke sníženému příjmu potravy, který začíná klesat při teplotách vzduchu 25°C v mírném klimatu může nad 40°C klesnout až o 40 %. V bachoru navíc dochází ke snížené produkci acetátu, zatímco produkce propionátu a butyrátu se zvyšuje. To způsobuje snížený příjem objemného krmiva, následně změnu bachorového prostředí a zvýšení pH z 5,52 na 6,03, což snižuje motilitu bachoru a ruminaci. U skotu může docházet také k oxidačnímu stresu, který vede ke zvýšení reaktivních forem kyslíku v různých buňkách a tkáních, to má negativní dopad na normální fyziologii a tělesný metabolismus. Během tepelného stresu se také snižuje počet červených krvinek až o 20% a zvyšuje se počet leukocytů o 21 – 26 %. V krvi se také výrazně snižuje hladina glukózy současně s vyšší aktivitou krevního inzulínu (Das et al. 2016).

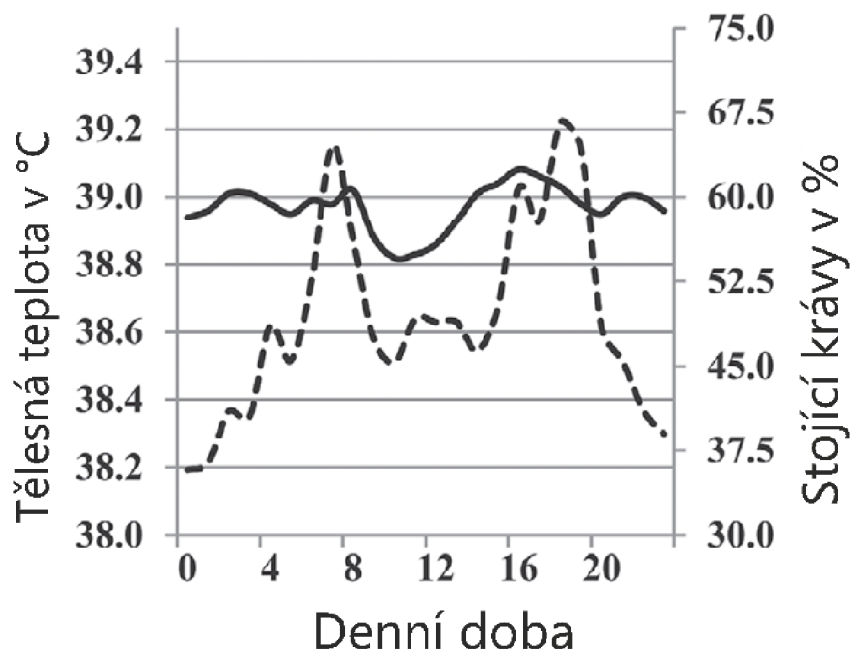
3.2.3 Změny v chování

Změny ve vzorcích chování se u zvířat často používají pro detekci jejich zdraví (Becker et al. 2020). Díky intenzivním metabolickým procesům jsou vysokoprodukční dojnice vysoce zranitelné extrémními environmentálními jevy. Následné problémy s termoregulační funkcí se projevují kromě fyziologických a reprodukčních změn, také změnami chování. Často se vyskytujícími změnami jsou snížená aktivita, snížený příjem krmiva, zvýšený příjem vody, změny ve frekvenci ležení a stání, intenzita dýchání, agrese, změny ve vokalizaci a zvýšená tepová frekvence (Herbut et al. 2021). Omezování příjmu krmiva a tvorby energie působí

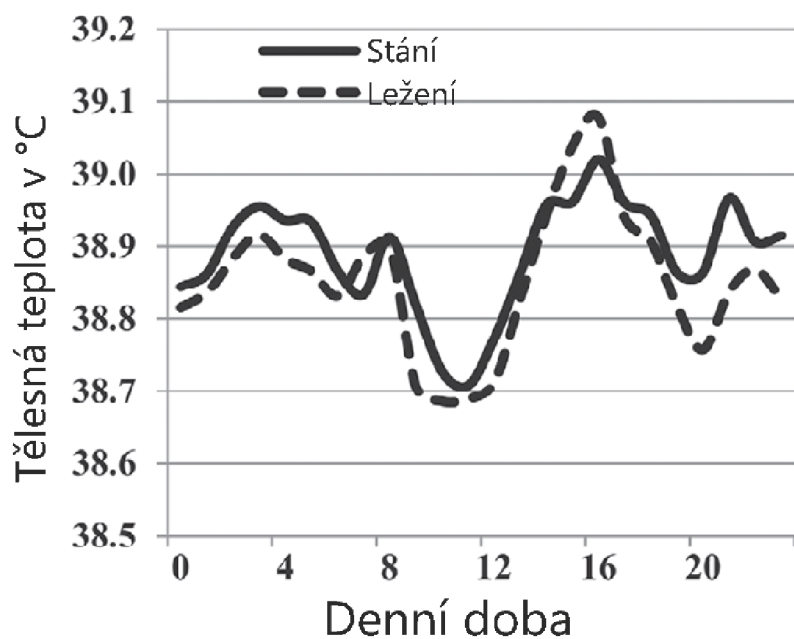
během tepelného stresu jako obranný mechanismus, tím že dochází k redukci produkce metabolického tepla. Podle studií se pokles příjmu krmiva pohybuje od 5 do 25 %, zároveň se zkracuje i doba přežvykování a příjem krmiva se posouvá do večerních hodin. Tepelný stres také snižuje schopnost konverze krmiva, což vede k poklesu užítkovosti (Knížková & Kunc 2010). Mírný až střední tepelný stres navíc zvyšuje potřebu energie pro potřebnou funkci metabolismu o 7 až 25 %, čímž se v kombinaci se sníženým příjmem krmiva mohou zvířata dostat do negativní energetické bilance (Becker et al. 2020). Ke snížení příjmu krmiva obvykle dochází do dvou dnů do nástupu tepelného stresu. Zjištěn byl pokles příjmu sušiny o 0,5 kg na každou jednotku při THI mezi hodnotami 73 a 82. Snížení příjmu krmiva se obvykle sníží po 3 týdnech vysokých teplot, což naznačuje, že krávy jsou schopny se aklimatizovat (Herbut et al. 2021).

Na rozdíl od poklesu příjmu potravy se příjem vody zvyšuje až o 50 % v porovnání s termoneutrálními podmínkami. Při podlehnutí tepelnému stresu se zvyšuje výdej vody evaporací povrchem kůže až o 60 %, naopak výdej vody prostřednictvím kálení se snižuje až o třetinu. Nejvyšší navýšení spotřeby vody je detekováno mezi 12 a 15 hodinou, tedy v době nejintenzivnějšího působení slunečního záření (Knížková & Kunc 2010), především během hodnot THI 74,91 až 83,95 (Herbut et al. 2021). V horkém počasí zvýšený příjem tekutin zajišťuje obnovu vody ztracenou pocením, nadměrným sliněním, výparem z dýchání, dojením a kálením. Nedostatek tekutin v organismu způsobuje negativní účinky jako je zvýšení hematokritu a močoviny v krvi, sníženou rychlost dýchání, kontrakce bahu a podporují agresivní chování (Becker et al. 2020). Pro co nejlepší ochlazovací efekt je vhodné dojnícím podávat chlazenou vodu, jejíž podání se pozitivně odráží i na míře užítkovosti (Knížková & Kunc 2010).

Se stoupající teplotou navíc stoupá počet stojících krav a klesá počet krav ležících. Míra ležení je důležitým indikátorem, poskytující podstatné informace o interakci krav s jejich prostředím, doba ležení a počet ulehnutí se využívá i jako aspekt pro hodnocení welfare. Čas, který stráví krávy v leže je dokonce považován za jeden z parametrů k hodnocení kvality ustájení. Při teplotách nad 22°C se snižuje čas ležení u dojníc až o 25 % a doba stání se může zvýšit až o 70 % (Zejdová et al. 2014). Dojnice v průměru stráví v termoneutrálních podmínkách 11 až 14 hodin deně v leže. Během tepelného stresu krávy tuto dobu redukují a zvětšují tím povrch těla, kterým mohou odvádět přebytečné teplo. Delší doba stání však znovu zvyšuje výdej energie i využití živin. Dalším problémem jsou následná onemocnění paznehtů, kulhání i oslabený imunitní systém v důsledku nedostatku spánku. (Becker et al. 2020). Obecně platí, že krávy ulehají především během noci, kvůli nižším teplotám a nižší hodnotě THI. Během dne častěji uléhají v hnojných chodbách, kde jim betonová podlaha pomáhá k mírnému ochlazení, s tím je ovšem spojeno riziko mastitid (Herbut et al. 2021). Podle Allen et al. (2015) dosahuje dle grafů počet stojících krav během tepelného stresu vrcholu v 8:00 a 19:00, naopak k poklesu dochází v 10:00 a 11:00. Jak je znázorněno, ležící krávy měly v jeho pokusu většinu času nižší tělesnou teplotu než krávy stojící s výjimkou 7:00, 15:00 a 16:00.



Obr. č. 2: Počet stojících krav během působení tepelného stresu (Allen et al. 2015).



Obr. č. 3: Tělesná teplota u ležících a stojících dojnic v průběhu tepelného stresu (Allen et al. 2015).

3.3 Vliv klimatických faktorů na užitkovost

Rychlost vzduchu, vlhkost, relativní teplota, srážky nebo sluneční záření, to jsou klimatické faktory, které v současnosti ovlivňují produkci mléka nejen v tropických oblastech, ale nyní už ve většině Evropy. Všechny tyto parametry mohou významně ovlivňovat fyziologii zvířat a působit na jejich termoregulaci. Dojivost a mléčné složky mohou být důležitými indikátory pohody zvířat, protože jsou ovlivněny fyziologickým stavem organismu vystaveného nepříznivým klimatickým faktorům (Mylostyvyi & Chernenko 2019).

Mezi hlavní faktory, které ovlivňují chovné prostředí dojníc, patří teplota a vlhkost. Při teplotách vyšších než je 25°C dochází u krav ke snižování teploty pomocí vypařování. Toto sálání tepla z povrchu těla je však omezeno vysokou relativní vlhkostí (West 2003). Bianca (1965) provedl pokus na plemenech jersey a brown swiss, kdy zjistil, že při teplotě 29°C a 40% vlhkosti zůstala produkce mléka zhruba na 96 % z normální produkce. Když se však vlhkost zvýšila na 90%, produkce mléka se snížila na 75 % běžného nádoje (Kadzere et al. 2002). Během letních měsíců také dochází k výraznému zvýšení somatických buněk v mléce, což může způsobovat zvýšené množství mastitid, což vede k dalšímu snížení produkce (Becker et al. 2020). Das et al. (2016) uvedl, že nároky na udržení správné energetické bilance se u vysokoprodukčních dojníc zvyšují o 30 %. Energetický příjem v tomto období tedy nestačí na pokrytí denních požadavků na tvorbu mléka.

Pro celkovou užitkovost během působení vysokých teplot je také podstatné v jaké fázi laktace zažívá laktující dojnice tepelný stres. Nejobtížnější zvládnutí vysokých teplot bylo zjištěno během rané fáze laktace, kdy je ovlivněna celková laktace. Maximální vliv klimatických podmínek byl zjištěn během prvních 60 dnů po nástupu laktace. Důvodem je pravděpodobně negativní energetická bilance, ve které se otelené dojnice nachází, kdy vyrovnávají deficit mobilizací tělesných rezerv (Kadzere et al. 2002). Chovatelé skotu v některých zemích přistupují k sezónnímu telení celých stád na podzim a v zimě, aby předešli nástupu laktace právě během rizikových měsíců. Tato strategie následně ovlivňuje a minimalizuje celkovou ztrátu mléka (Becker et al. 2020).

3.3.1 Dojivost

Das et al. (2016) uvedli, že nároky na udržení správné energetické bilance se u vysokoprodukčních dojníc zvyšují o 30 %. Energetický příjem v tomto období tedy nestačí na pokrytí denních požadavků na tvorbu mléka. West (2003) uvádí, že při každém zvýšení teploty o 1°C nad teplotně neutrální zónu dochází ke snížení příjmu sušiny o 0,85 kg. Tento pokles příjmu představuje přibližně 36% pokles produkce mléka.

Dojivost u dojníc je dle Hill & Wall (2015) ovlivněna v subtropických oblastech již při THI 72, kdy začíná klesat množství nádoje. U vysokoprodukčních dojníc v mírném pásu se prahová hodnota posouvá až k 68 – 60. I podle Das et al. (2016) denní THI negativně koreluje s množstvím nádoje a zvýšení jeho hodnoty z 68 na 78 snižuje příjem sušiny o 9,6 % a produkci mléka o 21 %. Ke snížení dojivosti tedy v závislosti na příjmu krmiva dochází až cca za 2 dny od počátku působení klimatických faktorů. Výskyt tepelného stresu postihuje i

krávy během stání na sucho. Dochází ke snížené proliferaci buněk mléčné žlázy a tím je snížena dojivost v následující laktaci. Vysoké teploty mají kromě dojivosti negativní vliv i na samotnou délku laktace. Gantner et al. (2017) uvedli, že k výraznému snížení dojivosti u holštýnského plemene dochází při překročení THI 68 u vysokoprodukčních dojnic na první laktaci. Menší pokles byl zaznamenán u nízkoprodukčních dojnic na první laktaci. Se zvyšujícím se počtem laktací se však pokles dojivosti dále zvyšuje i zrychluje.

3.3.2 Složky mléka

Tvorba mléka je pro dojnice velmi složitou fyziologickou záležitostí, která je ovlivněna v první řadě anatomickým utvářením vemene, orgány, krví a krevním oběhem, dýcháním a přeměnou živin. Dojivost je navíc ovlivněna genetickými faktory a z 60 – 70 % vlivem prostředí, jako je nutriční stav, mikroklima a počet dojení. V souvislosti s častějším dojením se zvyšuje dojivost i produkce bílkovin, zkracuje dobu léčby mastitid a snižuje se počet somatických buněk (Velecká et al. 2013). Změny klimatických faktorů negativně ovlivňují složení mléka a to zejména u dojnic s vysokou genetickou hodnotou (Das et al. 2016). Při prudkém oteplení byl zjištěn i snížený obsah tuku v mléce až o 40%, sušina bez tuku se snížila o 19% a bílkoviny o 17% (Kadzere et al. 2002). Další studie udávají jako výstupní hodnotu THI 75 a množství tuku v mléce 3,46g/100g, kdy při hodnotě indexu nad 75 obsah tuku klesá na 3,17 g/ 100g. U množství bílkovin byly poté porovnávány hodnoty THI vyšší než 75, kdy byl obsah bílkovin 2,89g/100g a při hodnotě nižší než 75 3,02g/ 100g. Výsledkem poklesu množství bílkovin může být podle výzkumů snížená syntéza mléčné žlázy v důsledku působení tepelného stresu (Becker et al. 2020). Gao et al. (2017) ve své studii uvedl, že u tepelně stresovaných krav dochází ke snížení koncentrace glukózy a mastných kyselin v plazmě. Krávy vystavené vysokým teplotám mohou mít dle této studie zvýšenou potřebu využití systémových aminokyselin, což omezuje přísun aminokyselin do mléčné žlázy pro syntézu mléčného proteinu. Variabilita ve výsledcích u různých studií však dle Becker et al. (2020) naznačuje, že množství složek v mléce ovlivňují i jiné faktory, jako je strava, fáze laktace, úroveň tepelného stresu, plemeno, poskytnutí chladících zařízení atd.

3.3.3 Tuk

Průměrný obsah tuku v kravském mléce v ČR k roku 2022 činil 3,92 % (Syrůček et al. 2022) Nachází se zde ve formě tukových kapének, o velikosti 0,1 – 15 μ m. Mléčný tuk je složen z 95 % z triacylglycerolů, 2 % diacylglycerolů, dále cholesterolu, fosfolipidů a volných mastných kyselin. Obsah tuku může být mimo jiné ovlivněn i klimatickými faktory (Štolcová 2020). U dojnic v rané fázi laktace bylo zjištěno výraznější snížení obsahu tuku (o 12 %) oproti dojnicím v pozdější fázi (o 1 %) (Das et al. 2016). Dále je zřejmý výrazný stoupající trend obsahu tuku u krav, které se otelily na podzim, zatímco u krav otelených na jaře byl ze začátku zjištěn pokles zhruba o 3 % za 2 měsíce, poté následoval výrazný růst až do 7. měsíce laktace a to téměř o 10 %. Obsah tuku však může být ovlivněn kromě klimatických podmínek i rozdílným obsahem celulózy v krmivu (Oprea et al. 2020). Podle Hammami et al. (2013) se obsah tuku během změny teploty z 18°C na 30 °C snížil až o 40%.

3.3.4 Laktóza

Dle ročenky chovu skotu 2022 kravské mléko obsahuje 4,98 % laktózy (Syrůček et al. 2022). Úroveň laktózy je během celé laktace i během celého roku relativně konzistentní a výrazně se nemění (Oprea et al. 2020), (Hammami et al. 2013), (Chen et al. 2014). K prudkému poklesu obsahu laktózy však může dojít v důsledku působení mastitidy, jejichž výskyt může být vlivem klimatických a mikroklimatických faktorů mnohonásobně vyšší (Bezman et al. 2015)

3.3.5 Bílkovina

Obsah bílkovin v kravském mléce v roce 2022 činil 3,42 % (Syrůček et al. 2022). Bílkoviny se dělí na dvě hlavní kategorie – kasein a proteinové bílkoviny. Obsah bílkovin je také ovlivněn dobou otelení, kdy je prokázáno, že krávy otelené na jaře mají již na začátku laktace relativně vysoký obsah bílkovin v mléce a bílkovina má tendenci se zvyšovat celou laktaci cca o 2,7 – 4,8 % za dva měsíce. Na druhou stranu v mléce od krav otelených na podzim je vyzorováno klesání obsahu bílkovin do 5. měsíce laktace a nárůst přichází až zhruba v 7. měsíci laktace (Oprea et al. 2020). Podle Chen et al. (2014) obsah bílkovin plošně u všech dojnic klesal od listopadu do dubna, pouze o 0,2 %. Poté nastává konstantní období od dubna do července, po kterém se až do listopadu obsah mírně zvyšuje. Podle Hammami et al. (2013) se však během letních měsíců obsah bílkovin snížil téměř o 20%. K významnému snížení obsahu bílkovin v mléce dochází i podle Das et al. (2016), pokud THI stoupne nad 72. Obsah bílkovin je významně vyšší v jarních měsících a to o 6 – 13 %.

3.3.6 Kasein

Kravské mléko obsahuje více druhů bílkovin, jejich hlavní frakce je tvořena kaseinovým komplexem, syrovátkovými bílkoviny, laktalbuminem a laktoglobulinem. Průměrný obsah kaseinu u holštýnských krav je 2,8 % a u českých strakatých krav 2,88% (Mášová & Šustová 2006). Analýza proteinových frakcí ukázala, že při podlehnutí tepelnému stresu dochází ke sníženému obsahu kaseinu, stejně jako laktalbuminu a imunoglobulinu. 80 % těchto ztrát bylo zapříčiněno snížením produkce a 20 % souviselo se zdravotními problémy, které mohly být způsobeny narušením mechanismu vnitřní homeostázy (Das et al. 2016).

3.3.7 Somatické buňky

Mléčné somatické buňky jsou především epiteliální buňky mléčné žlázy a bílé krvinky (leukocyty), které se vyskytují v mléčné žláze v reakci na poranění nebo infekci. Ve zdravé mléčné žláze je normální množství nižší než 100 tisíc/ml, zatímco mastitida může množství zvýšit až na 1 000 000/ml. (Marinov et al. 2019). Buňky jsou během procesu dojení vylučovány do mléka a používají se jako index pro odhad zdraví mléčné žlázy a kvality mléka u dojnic (Alhussien & Dang 2018). Při mastitidě dochází k velkému nárůstu somatických

buněk, což je způsobeno přílivem neutrofilů v mléce, bojujících s infekcí. Ty představují cca 90 % celkových somatických buněk (Marinov et al. 2019). Počet somatických buněk je ovlivněn například užitkovostí, zdravím, paritou, fází laktace a plemenem. Hodnoty somatických buněk jsou velmi závislé na jakékoli změně managementu, na podmínkách prostředí i na stresových faktorech (Alhussien & Dang 2018).

K výraznému ovlivnění počtu somatických buněk přispívají právě faktory prostředí. Je to z důvodu, že extrémní podmínky nejenže dojnice stresují, ale také ovlivňují příjem krmiva. Vysoká vlhkost a teplota společně s nedostatkem mikroživin mohou vést k růstu počtu buněk. K nejvyšším hodnotám tedy dochází sezónně během podzimu a léta, naopak nejnižší hodnoty byly zaznamenány během jara a zimy. Vyšší problémy jsou také detekovány u dojnic s vyšší užitkovostí (Alhussien & Dang 2018). U krav otelených během léta jsou hodnoty somatických buněk hned po otelení relativně vysoké a množství začíná klesat až 120 – 150 den laktace. U krav otelených na podzim je množství buněk po otelení nejvyšší, jejich množství však klesá rychleji než u krav otelených v létě. Krávy otelené na jaře mají naopak obsah buněk v mléce nejnižší a mají tendence si nízkou hladinu udržovat během celé laktace (Marinov et al. 2019). Podle Gantner et al. (2017) se růst somatických buněk u krav na rozdílných laktacích velmi neliší a hlavní roli zde hraje hlavně intenzita produkce. Nejvyšší naměřené hodnoty však patřily kravám na první laktaci. První signifikantní zvýšení hladiny somatických buněk nastává při překročení THI 68.

3.3.8 Mastitidy

Mastitida je celosvětově považována za jednu z nemocí, která má nejvyšší ekonomické dopady na existenci farem s mléčným skotem. Ekonomické ztráty jsou způsobeny sníženou produkcí, utracením zvířat, veterinárními zásahy, zaprahnutím dojnic, nebo vyřazením neprodejného odpadního mléka. Mimo to se jedná o nemoc, která velmi závažně ovlivňuje welfare skotu. Postižená zvířata obecně trpí i zhoršeným zdravím a sníženou schopností reprodukce. Nejčastěji izolované patogeny z infikovaných mléčných žláz jsou *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Streptococcus uberis* a *Streptococcus dysgalactiae* (Ismail 2017).

Pro zlepšení akutních stavů, celkového zdraví a welfare se používá mnoho léčebných metod, nicméně nejefektivnější je prevence (Ismail 2017). Míra léčení mastitid záleží na mnoha faktorech, na krávě, patogenu i způsobu léčby. Obecně platí, že čím je dojnice starší, tím více klesá pravděpodobnost vyléčení. Klíčovými faktory jsou zvyšující se počet somatických buněk, prodlužující se doba infekce, zvyšující se počet infikovaných čtvrtí apod. Konkrétně u bakterie *Staphylococcus aureus* dochází k lepším výsledkům u léčení zánětu v předních částech oproti zadním. Celkově se úspěšnost léčby na jednotlivých podnicích velmi liší a pohybuje se od 4 do 92%. Podle Berkama et al. (2006) se pravděpodobnost vyléčení u starší krávy ve 150 dni laktace se somatikou 2 000 000 buněk/ml je přibližně 1%. V tomto případě je léčba povětšinou neekonomická. Naproti tomu u krav na první laktaci ve 220 dni laktace se somatikou 500 000 buněk/ml je pravděpodobnost vyléčení 61%. Celkově se uvádí, že čím je množství somatických buněk před infekcí nižší, tím je vyšší pravděpodobnost vyléčení. Vysoká hladina může také naznačovat infekci ve více čtvrtích. Limitující je také délka léčení, přičemž při prodlužující se délce vzniká vyšší

pravděpodobnost vyléčení, zdlouhavá léčba však často není ekonomicky vyhovující. Pokud jde o prevenci vhodné je využívat kvalitní dezinfekce po dojení, oddělení či selekci nakažených zvířat, dbát na hygienu stájového prostředí, jako je například správná instalace systémů pro ochlazování skotu (Berkama et al. 2006).

3.4 Stájové mikroklima

Základem pro úspěšný chov dojného skotu je vytvoření stabilního mikroklima, to znamená ovzduší v takřka uzavřeném prostoru ustájení, které je v přímém vztahu s makroklimatem. Mikroklima tvoří fyzikální, chemické a biologické faktory, dále provedení stáje, množství dojnic, využití klimatizace a přirozeného větrání, izolační vlastnosti a klimatická oblast. Důležitým úkolem pro chovatele je vytvořit prostředí pro chov skotu, kde mohou zvířata projevovat znaky přirozeného chování a navíc budou chráněna před nepříznivými vlivy prostředí. Pro tyto účely můžeme využít ventilační systémy, kapalná a mlžící zařízení, chladicí matrace, izolaci, zelené střechy, nebo přirozenou ventilaci pomocí správné orientace stáje či vytvoření hřebenové štěrbiny (Šimková et al. 2016). Faktory prostředí totiž zvířata zbytečně zatěžují, přesto že mají velmi dobře vyvinuté mechanismy termoregulace. V několika posledních dekádách proběhl intenzivní vývoj systémů v ustájení skotu (Silanikove 2000). Vhodné mikroklimatické podmínky, jako je teplota, vlhkost, ventilace, koncentrace amoniaku jsou zvláště podstatné, protože ovlivňují klidové období dojnic, jejich chování, hormonální a metabolické změny a produkci mléka. Jakékoli zhoršení podmínek prostředí vytváří významné změny v těchto charakteristikách. Společně se zhoršujícím se mikroklimatem stáje se snižuje i pohybová aktivita zároveň se snižuje i počet hodin v leže až o 3 hodiny za den, což vede k narušení pohodlí i denního režimu krav (Herbut & Agrecka 2018). V současnosti zemědělské podniky stále ukazují, že kvalita stájového prostředí neodpovídá požadovaným potřebám. To může ovlivňovat jejich psychickou pohodu, zdravotní stav atp. Stájové prostředí je tedy zřejmě potřeba stále zdokonalovat a sledovat (Zejdová et al. 2014).

3.4.1 Teplota vzduchu

Hlavními dopady změny klimatu na hospodářská zvířata jsou zvýšená frekvence horkých dnů, vlny veder, teplá období atd. (Gauly & Ammer 2020). Tolerance zvířat k vysokým teplotám vzduchu závisí na množství vodní páry ve vzduchu, která ovlivňuje rychlost a schopnost zvířat ochlazovat se odpařováním. Souvislost mezi teplotou vzduchu a relativní vlhkostí označujeme jako THI (Hill & Wall 2015). Při hodnocení působení teploty vzduchu na zvířata musíme brát v úvahu změny fyziologických parametrů jako je tělesná teplota, tepová frekvence, pocení nebo frekvence dýchání. Tyto parametry poskytují informace o krátkodobých reakcích na vysoké teploty, zatímco nejsledovanějším parametrem je stále vliv na užitkovost, kde jsou výsledky zřejmě až po delší době. Vystavení zvířat vysokým teplotám může vést ke změnám chování jako je snížení aktivity, zvýšený příjem vody, snížený příjem krmiva nebo příjem krmiva v chladnější části dne (Gauly & Ammer 2020). Při poklesu teploty pod 21°C poskytuje chladnější období během dne pomyslnou rezervu, která pomáhá vyrovnávat tělesnou teplotu a snižuje tak dopady teplot na produkci

mléka. Pokud chceme určit minimální, střední a maximální teploty ovlivňující produkci, jde o hodnoty 21, 27 a 32 °C, v převodu na THI poté 64, 72 a 76 (Igono et al. 1992).

3.4.2 Relativní vlhkost a srážky

Vlhkost vzduchu a s ní spojené srážky jsou velmi relevantním ukazatelem kvality mikroklimatu ve stáji, protože ovlivňují tepelné ztráty u všech hospodářských zvířat (Zejdová et al. 2014). Studie vykazují, že změna relativní vlhkosti ve stájích přímo souvisí se změnou způsobu ochlazování u skotu. Způsoby ochlazení u skotu se místo neodpařovacích systémů (vodivé, konvektivní) přesunou na systémy odpařovací, jako je pocení a lapání po dechu. Změna relativní vlhkosti při teplotním rozsahu -11 až 4 °C nemá na produkci tepla u dojníc žádný vliv, stejně jako na rektální teplotu, nebo rychlost dýchání. Zvýšená relativní vlhkost při teplotě od 24 do 38 °C naopak zvyšuje rektální teplotu i respirační frekvenci. Jedním z důvodů proč zvýšená vlhkost při nižších teplotách nemá vliv na produkci tepla, je fakt, že vzduch při nízkých teplotách zadržuje velmi malé množství vody a při vysokých teplotách naopak. Zadržování vody při vysokých teplotách poté ovlivňuje a limituje schopnost skotu odpařovat vlhkost (West et al. 2003). Ve velmi špatně větraných stájích může docházet k problémům s odpařováním tepla už při 20 °C. Ideální vlhkost by se měla pohybovat mezi 40 a 80 % a neměla by přesahovat 85 % a klesat pod 35 % (Zejdová et al. 2014).

3.4.3 Rychlost větru

Směr a rychlost proudění vzduchu ve stáji je mimo jiné ovlivněna konstrukcí, ventilačními systémy, pasivním větráním jako jsou okna a vrata, čímž vzdikají v proudění nerovnoměrné poměry (Zejdová et al. 2014). Změny rychlosti vzduchu ovlivňují konvekční chlazení skotu, které má v kombinaci se slunečním zářením velice významný vliv na regulaci tepelné bilance u skotu. Efektivní rychlost vzduchu pro udržení přijatelné teploty u dojníc se dle studií má pohybovat od 1,8 do 2,8 m/s. Měření rychlosti větru ve stáji je v porovnání s dalšími klimatickými faktory velmi náročné. Rychlost proudění je totiž ovlivňována pohybem krav, což výsledné hodnoty zkresluje (Herbut et al. 2018). Během tepelného stresu dochází k účinnému ochlazení dojníc při zvýšení pohybu vzduchu nad 1m/s (Armstrong 1994). Kromě pozitivních vlivů může pohyb vzduchu působit i negativně, způsobovat průvan a napomáhat transportu škodlivých plynů. Průvan působí negativně díky proudění vzduchu stále stejným směrem, čímž dochází k vazokonstrikci, nízkému prokrvení a podchlazení (Zejdová et al. 2014).

3.4.4 Sluneční záření

Sluneční záření je jedním z hlavních environmentálních faktorů, které plošně ovlivňují hospodářská zvířata. Dopad přímého, rozptýleného i odraženého záření může být hlavním faktorem podmínek chovného prostředí i z důvodu, že velmi intenzivně působí v pastevních podmínkách. Z tohoto důvodu můžeme předpokládat, že pastevně chované krávy jsou citlivější vůči klimatickým faktorům. Schopnost dojníc vypořádat se s tepelným stresem vyplývajícím ze slunečního záření závisí na fyzikálních vlastnostech kůže a srsti. Fotoperioda

neboli střídání světla a tmy je z klimatických faktorů ten nejkonzistentnější. Fotoperioda ovlivňuje reprodukci, růst, imunitní funkce, ale i laktaci (Herbut et al. 2018). Intenzita umělého osvětlení ve stáji by měla odpovídat 150 – 200 luxům, hodnoty pod 50 luxů jsou zvířaty vnímány jako tma a ve stáji by mělo svítit 16 – 18 hodin denně (Zejdová et al. 2014).

3.5 Kvalita stájového ovzduší

3.5.1 Prachové částice

Jedním z nejdůležitějších aspektů ovlivňující zdraví dojnic jsou emise plynů, které také souvisí s environmentálními a klimatickými změnami. Především se jedná o amoniak (NH_3) a metan (CH_4) (Snell et al. 2003). Čpavek, pachy a jiné plynné částice v ustájeních zvířat se mohou adsorbovat na prachové částice. Množství adsorbovaného amoniaku na částicích může přispívat až 24% k celkovému množství amoniaku v plynném stavu. Při vysoké koncentraci mohou být částice v ovzduší potenciálním rizikem pro zdraví zvířat, ale i lidí. Důvodem je, že jemný poléťavý prach může pronikat přes dýchací trakt až do alveol (Kaasik & Maasikmets 2013). Při proniknutí do dýchacích cest může docházet ke zvýšenému výskytu chronického kašle, výskytu hlenu a chronické bronchitidy. U chovatelů může dojít k projevům podobným astmatu či alergii (Cambra-López et al. 2010). Infekční a alergická onemocnění mohou způsobovat i bakterie a viry zachycené na prachových částicích. Prach ve stájích hospodářských zvířat je tvořen krmivem, epilárními odumřelými buňkami, močí, výkaly, mikroorganismy atp. (Kaasik & Maasikmets 2013).

Ve srovnání s ustájením u drůbeže či prasat je v neizolovaných kravínech koncentrace pevných částic v ovzduší o poznání nižší, viditelné jsou však sezonní rozdíly. V zimním období je v ustájení skotu zjištěna vyšší koncentrace pevných částic a CO_2 , zatímco koncentrace NH_3 je oproti letním měsícům snížena. Pro určení koncentrace prachových částic je důležité brát v úvahu koncentraci zvířat a vlhkost. Vlhkost nad 70% může přispívat ke snížení obsahu poléťavého prachu z původu vysokého procenta rovnovážné vlhkosti. Mikroklima ve stáji je úzce spojeno s faktory vnějšího prostředí, tudíž je koncentrace prachových částic ovlivněna i rychlostí větrání. Vzhledem k častějšímu větrání během letních měsíců se v této době zvyšuje množství emisí a naopak se snižuje počet poléťavých částic, v zimě naopak. Ke zvýšení koncentrace poléťavých částic dochází také přes den, kdy dochází u zvířat k převážné aktivitě, pohyb zvířat tedy způsobuje rozptýlení usedlých částic z povrchů budov (Kaasik & Maasikmets 2013). Dle výzkumů má na snížení koncentrace poléťavých částic pozitivní vliv právě zvýšené proudění vzduchu způsobené použitím nucené ventilace během letních měsíců. Tento jev se projevuje především při porovnání starších zděných kravínů v porovnání s moderními vzdušnějšími stavbami (Kic 2023).

3.5.2 Stájové plyny

Hlavní složkou stájového ovzduší, která tvoří až 78 % stájového vzduchu je N_2 . Dalšími ze složek jsou cca 20 % O_2 a 0,2 – 0,4 % CO_2 . Vyskytují se zde i další plyny, které mohou být toxické již při nízkých koncentracích, jako je NH_3 , CH_4 , H_2S (Cihlářová 2022).

Stájové plyny přispívají ve velké míře k problémům se zápachem a především s kvalitou vzduchu ve stájích dojníc. Filipy et al. (2006) identifikoval ve spolupráci s Washington State University pomocí plynové chromatografie s hmotnostní spektroskopií 82 těkavých organických sloučenin v otevřených stájích. Dále detekovali 73 těkavých organických sloučenin v blízkosti odpadních vod a kalových lagun. Tyto sloučeniny obsahovaly alkoholy, aldehydy, ketony, estery, ethery, aromatické uhlovodíky, halogenové uhlovodíky, terpeny, aminy a další sloučeniny obsahující dusík a síru. Koncentrace sloučeniny přímo souvisejících s výkaly skotu se zvyšovaly se zvyšující se teplotou okolního vzduchu a nejvyšší koncentrace tedy dosahovaly v letních měsících. Kromě vlivu sloučenin na kvalitu života zvířat se potvrdil i vliv na kvalitu života obyvatel žijících v blízkosti stáji, především se jedná o amoniak, sirovodík a další zapáchající sloučeniny.

Pachové sloučeniny z výkalů zvířat jsou produkovány neúplnou anaerobní fermentací odpadu bakteriemi. Mezi šest hlavních skupin zapáchajících sloučenin patří těkavé mastné kyseliny, NH_3 , těkavé aminy, fenoly, indoly a sloučeniny obsahující síru (Mackie et al. 1998). Z plynů vyskytujících se ve stájích jsou pro životní prostředí nejnebezpečnější metan a amoniak. Největšími zdroji jsou výkaly hospodářských zvířat, krmiva a zvířata samotná. Jako opatření pro redukci plynů je nutné využívat správné odstraňování chlévské mrvy a hnoje, krmení a celkový management. Rozsah emisí amoniaku ovlivňuje například obsah bílkovin v krmivu, hodnota pH kejdy a krmení, teplota vzduchu, rychlost výměny vzduchu a typ podestýlky (Hartung & Phillips 1994).

Podle předpovědí může atmosféra do roku 2100 obsahovat 570 ppm CO_2 , což způsobí zvýšení průměrné globální teploty o 1,9 °C a zvýšení hladiny moře v průměru o 3,8 m. Strategií pro eliminaci uvolňování stájových plynů do ovzduší je jejich zachytávání a separace (Olajire 2010). Firmy v současnosti optimalizují technologie sloužící k odsávání stájových plynů ze stáji pomocí podtlaku. Podlahy stáji jsou téměř úplně uzavřené, což umožňuje tvorbu podtlaku a zároveň je zabráněno vztlínání čpavku zpět do stájového prostředí. Čpavek kumulovaný nad podlahou je odsáván pomocí perforovaných separačních pásů a pomocí ventilačního proudu vzduchu je dopraven do filtrů, který zachycuje dusík. Zároveň je tímto proudem vzduchu stimulován čpavek z uskladněné kejdy, tím dochází k jeho dalšímu zachycení. Dusík je navázán na okyselený roztok (kyselina sírová, kyselina dusičná), po nasycení je roztok skladován v zásobníku hnojiva. Podle studií je tento systém schopen snížit emise čpavku až o 70 %. Díky využití separačních podlah navíc dochází k oddělení moči a výkalů, což zabraňuje degradaci močovin přímo ve stáji (Lely 2020).

3.5.2.1 Amoniak

Amoniak je bezbarvý, štiplavý, toxický plyn zásadité povahy, který je lehčí než vzduch. Přípustnou koncentrací NH_3 ve stájovém ovzduší je 0,002 %. Nejvyšší koncentrace jsou ve stájích zaznamenávány v době odklidu chlévské mrvy, nebo nastýlání separátem. Významným zdrojem bývá také tenká vrstva kejdy, která zůstává na hnojných chodbách i po přejezdu automatických lopat na odklid kejdy (Češpiva 2016).

Amoniak uvolňující se v chovech skotu je rizikem pro životní prostředí, přispívá k eutrofizaci vod, kontaminaci podzemních vod dusičnany, okyselování půd a je také toxický pro vodní organismy. Ke snížení vylučování dusíku a tím i snížení emisí může vést snížení

koncentrace surového proteinu v krmné dávce skotu a lepší rozložitelnost bachorových proteinů. Dalším způsobem je úprava hnoje (snížení pH, nitrifikace, denitrifikace atp.). S emisemi NH_3 může také souviset neefektivní využití krmného dusíku v bachoru, překrmování dusíkatým krmivem a konverzí dusíku během metabolismu (Hristov et al. 2011).

Hlavním zdrojem amoniaku ve stájích těkaného z kejdy skotu je močovina, které je hlavní dusíkatou složkou v moči přežvýkavců a představuje 60 – 90% veškerého dusíku v moči přežvýkavců. Močovina samotná je netěkavá, když se však dostane do kontaktu s výkaly, dojde k její rychlejší hydrolýze na amoniak a oxid uhličitý. Těkání N z moči je výrazně vyšší než těkání ze stolice dojnic, kdy z moči může být uvolněno 4 – 40% dusíku, zatímco u stolice pouze 1 – 13%. Dle výzkumů je navíc až 90% dusíku uvolněno z výkalů do 48 hodin po vyloučení. Výzkumy také dokázaly velmi nízkou koncentraci amoniaku v čerstvém hnoji, ale hydrolýza moči vede k prudkému zvýšení jeho koncentrace a k rychlému uvolňování. Téměř veškerá močovina v hnoji je přeměněna na NH_3 a odvedena během prvních 26 hodin (Hristov et al. 2011).

3.5.2.2 Metan

Methan je skleníkový plyn, který stejně jako NO_2 přispívá ke globálnímu oteplování. Dle výzkumů vyprodukuje dojnice každý rok 95 – 115 kg metanu (Šimková et al. 2015). Metan vzniká jako vedlejší produkt fermentace organické hmoty v bachoru přežvýkavců a jeho množství se liší na základě složení a množství přijatého krmiva. Při extrémních případech se může na CH_4 měnit 2 – 12 % přijaté energie. V běžných případech se u vysokoužitkových dojnic setkáváme s přeměnou do 7 % energie. Mezi nejfunkčnější dietetické strategie pro snížení tvorby metanu jev současnosti doplňování mastných kyselin do krmné dávky, dlouhodobě je však i tato strategie neudržitelná. Další strategií, která by podle Alstrupové et al. (2015) měla být dlouhodobě udržitelná je suplementace dojnic tukem. Udržitelnost spočívá v nahrazení fermentované organické hmoty tukem, čímž se snižuje produkce metanu a zvyšuje se dojivost. Podle Marques (2021) je cestou k redukci produkce metanu u přežvýkavců podávání ionoforových antibiotik. Jedná se o organické látky, usnadňující transport iontů přes buněčné stěny, výsledkem je zvýšení populace gram-negativních bakterií, v důsledku se snižuje produkce metanu v bachoru. Patra (2011) ve své studii uvádí využití krmných aditiv, účinek fyto-genických látek pozitivně ovlivňuje využití krmiv, zvyšuje užitkovost, snižuje emise čpavku a metanu a zároveň funguje jako zchuťovadlo. Novým přístupem pro snížení produkce metanu je krmení přežvýkavců mořskými řasami. Způsob krmení řas pochází z Austrálie a podle Savage (2020) dochází k téměř úplné eliminaci produkce metanu už při 2% nahrazení krmné dávky. Konkrétním druhem prozkoumané řasy je *Asparagopsis taxiformis*, růžovo červená řasa snižující produkci metanu o 99 %.

V současnosti probíhají výzkumy, kde je u testovaných jedinců sledována míra produkce metanu. Cílem tohoto výzkumu je objevit jedince a linie, které přirozeně produkují menší množství metanu při zachování užitkovosti. Práce navíc zjišťuje vliv výživy, trávicích bachorových procesů a genetiky jedinců na produkci plynů. Výsledkem je vytvoření výpočtu genetických indexů, které umožňují výběr vyhovujících jedinců, vhodných pro další šlechtění (Malát 2021).

3.5.2.3 Oxid uhličitý

Oxid uhličitý je bezbarvý plyn, který vzniká jako produkt dýchání a mikrobiálních pochodů při rozkladu mrvy. V čistém venkovním vzduchu je jeho koncentrace zhruba 850 mg/m³ ve stájích s dojniciemi by koncentrace neměla přesáhnout 3600 mg.m³, což je zhruba 0,2 %. Koncentrace nad 5 % může způsobovat závratě a koncentrace nad 10 % poté bezvědomí a smrt (Češpiva 2016). Obecně platí, že při zvýšení koncentrace oxidu uhličitého se snižují životní projevy zvířat i jejich produkce (Šimková et al. 2015).

3.5.2.4 Sirovodík

Sirovodík je silně páchnoucí, toxický, vodorozpustný plyn, který je těžší než vzduch. Vzniká anaerobním rozkladem organických látek – především bílkovin s vysokým obsahem siřných aminokyselin. Ke zvýšené produkci sirovodíku dochází především ve stájích s roštovými podlahami. Ve stájích s kompaktní podlahou se s výskytem sirovodíku lze setkat většinou při hrubém zanedbání odkladu hnoje. Při otravách plynem dochází k ochrnutí dýchacího centra a kardiovaskulárního systému, jeho vlastnosti umocňuje vysoká vzdušná vlhkost. Nebezpečný je kumulativní charakter plynu, který může vést při opakovaném vdechnutí k chronickým otravám. Maximální koncentrace sirovodíku by neměla přesahovat 10 ppm (Šimková et al. 2015).

3.6 Úprava stájového prostředí

Změna klimatu vede k čím dál vyšším teplotám a tím i čím dál častějšímu výskytu tepelného stresu nejen u dojnic. Ačkoli jsou účinky zvyšujících se teplot závažnější v teplejším podnebí, v současnosti jsou tepelným stresem nemálo zasažena i zvířata chovaná v mírném pásu. Výsledkem je pokles produkce mléka a snížení reprodukční schopnosti, v extrémních případech i úhyn (Armstrong 1994). Schopnost dojnic udržovat normotermii závisí na podmínkách prostředí a na jejich metabolické produkci tepla. Když je tělesná teplota vyšší než okolní teplota, dochází k vylučování tělesného tepla do okolí bez problému. Pokud je však okolní teplota stejná nebo vyšší než tělesná teplota, dochází k fyziologickým a behaviorálním změnám, jako je lapání po dechu, pocení, stání (Roth 2020).

Abychom dojniciím poskytli ideální životní podmínky a ideální podmínky pro produkci mléka a reprodukci, je potřeba zajistit pro jejich chov vhodné mikroklima. Využití přirozené ventilace je čím dál více omezeno závětrím vytvořeným okolními budovami, orientací stájí, změnou klimatu atp. Tyto faktory vedou ke zvyšujícímu se zájmu o automatizované ventilační systémy především mezi chovateli vysokoprodukčních dojnic. Narozdíl od pasivní přirozené ventilace se aktivní ventilace spoléhá v plné míře na ventilátory, které zajišťují adekvátní rychlost proudění vzduchu a ideální obměnu stájového ovzduší (Mondaca & Cook 2019).

3.6.1 Nucená ventilace

Nucená ventilace je se stoupajícími teplotami stále nutnějším vybavením stájí, především těch pro vysokoužitkovostní dojnice (Armstrong 1994). West (2003) ve své práci uvedl, že správně umístěná ventilace může vést k 19% zvýšení dojivosti oproti dojnicím, které žijí ve stáji bez ventilačních systémů. Do stájí jsou většinou instalovány panelové či košové ventilátory, obvykle o průměru 0,6 – 1,2 metry. Jejich umístění by mělo odpovídat desetinásobku jejich průměru. Ventilátory mají být umístěny tak, aby foukali ve směru převládajících větrů a vždy by měli být nakloněny tak, aby proud vzduchu dopadal pod další ventilátor v řadě. Při využití ventilátorů se zjistila snížená rektální teplota o 0,4 °C, snížená frekvence dechů o 11 za minutu a o 30 % vyšší míra zabřezávání než u kontrolní skupiny (Fournel et al. 2017).

Alternativou pro zmíněné typy ventilátorů jsou vysokoobjemové nízkorychlostní stropní ventilátory. Ventilátory jsou velikosti 2,4 – 7,5 metrů a jsou rozmístěny 12 – 18 metrů od sebe. Ventilátory běží rychlostí 50 otáček za minutu a při jejich použití dochází k rovnoměrnějšímu rozmístění ochlazeného vzduchu ve stáji, jejich rychlost je však pro pokrytí kritických bodů stáje nedostatečná. Rektální teplota se u krav snížila o 0,2 °C a dechová frekvence o 9 dechů za minutu. Velmi dobře funguje také využití tunelové ventilace o průměru 1,2 – 1,8 metru. Systém funguje na principu umístění přívodu vzduchu na jedné straně stáje a umístění odsávacích ventilátorů na protilehlé straně. Při využití tunelové ventilace došlo ke snížení rektální teploty o 1°C a ke snížení frekvence dechu až o 22 dechů za minutu (Fournel et al. 2017).

3.6.2 Přirozená ventilace

Podpora přirozeného proudění vzduchu je podstatná z důvodu konvekční výměny tepelné energie. Když se studený vzduch dostane do kontaktu s teplým povrchem těla, vzduch obklopující povrch těla se zahřeje a stoupá, čímž napomáhá k ochlazení procesem konvekce. Naopak, pokud je teplota vzduchu vyšší než teplota těla, pak pohyb vzduchu podpoří oteplování těla zvířete, dokud se teplota vzduchu nevyrovná teplotě kůže (Kadzere et al. 20002).

Pro optimalizaci a co největší využití přirozené ventilace je stěžení rekonstrukce stáje. Stáje by měly být vysoké a vzdušné, ideální je také využití bočních otevíracích stěn. Proudění vzduchu je pozitivně ovlivněno také využitím hřebenových štěrbin. Pro jejich optimální funkčnost by měl být sklon střechy zhruba 33° a šířka hřebenové štěrbin by měla dosahovat 5cm na každé 3 metry šířky stáje, nikdy však ne méně než 20 cm (Armstrong 1994). Přes veškeré konstrukční rozdíly mají všechny přirozeně větrané stáje společný aspekt úspory energie, vzhledem k tomu, že nedochází k neustálému využívání ventilátorů. Jsou však nejzranitelnějším řešením, když vezmeme v úvahu proměnlivý charakter klimatu, protože při její využití nemůže docházet k přesné kontrole proudění vzduchu (Hempel et al. 2019).

3.6.3 Kapalná zařízení

Použití evaporačních zařízení je velmi účinným způsobem pro regulaci tepelného stresu u dojnic. Při využití těchto systémů je však nutné dodržovat striktní zásady. V některých případech může při využití příliš jemné mlhy docházet k její koncentraci v srsti zvířat, čímž může být zvýšená izolační vlastnost srsti a docházet ještě větší kumulaci tepla. Využití mlhy je možné pouze v případě kombinace s využitím ventilátorů, kdy se mlha vypaří dříve, než se voda stihne kumulovat na okolním povrchu nebo právě na srsti zvířat. V tomto případě může vést využití mlhy k ochlazení vzduchu. Častější a účinnější je využití vodních sprch se silnějším proudem vody, rovněž v kombinaci s ventilací. Větší kapky zcela smáčí srst zvířat a dochází tak k jejich ochlazení odpařováním. Tyto systémy se umisťují především do míst, kde zvířata přijímají krmivo. Naopak se nedoporučuje je využívat nad lehacími boxy, kde by docházelo ke smáčení podestýlky a s tím souvisejícím rozmnožováním bakterií, které může podporovat vznik mastitid a zahřívání boxového lože. Ideálního výsledku lze dosáhnout, pokud je místo, kde je využíván popsáný systém zastíněno (Armstrong 1994). Podle West (2003) lze využitím smáčecích zařízení a odpařováním zvýšit produkci mléka u dojnic s průměrným nádojem 45kg/den o 140 kg za 4 měsíční letní sezónu, dojnice navíc přijmou zhruba o 10 % krmiva více než dojnice bez opatření. Kombinací smáčení a ventilace je možné snížit rektální teplotu skotu až o 0,8 °C a snížit intenzitu dýchání o 20 dechů za minutu (Fournel et al. 2017).

3.6.4 Vodní matrace

Ve většině farem je podestýlkový materiál vybírán na základě ekonomických faktorů, pohodlí zvířat, čistoty a zdraví vemene. Málokdy je však zohledněn i tepelný komfort, poskytovaný materiálem. Pro přenos tepelné energie je důležité znát tepelnou vodivost vybrané podestýlky. Velikost přenosu tepla totiž závisí především na povaze materiálu, který se dostane do kontaktu s povrchem těla zvířete. Materiály s vysokou vodivostí tedy mohou napomoci k chlazení dojnic. Ze zahraničních experimentů nejlépe podestýlky jako dřevěné hobliny, písek, mletý vápenec, drcený papír a pryžové rohože (Kadzere et al. 2002).

Konduktivní chlazení, které je založeno na přímém kontaktu ležící dojnice a chlazeného povrchu, jako jsou vodní matrace, umožňuje přenos tepla na materiál a pomáhá tím snižovat tepelný nápor působící na dojnici. Využití vodních matrací je relativně nová technologie, která pomáhá snížit spotřebu vody a energie při chlazení dojnic. Při využití systému také dochází ke zlepšení hygieny a snížení vlhkosti ve stáji. Teplota povrchu matrace je chladnější než teplota krávy, takže dochází k přenosu energie do vody cirkulující v matraci. Při využití vody o teplotě 10°C je matrace schopna pohltit až 20 – 25 % celkového metabolického tepla (Gebremedhin et al. 2016). Perano et al. (2015) provedl studii ke stanovení účinnosti využití induktivního chlazení. Krávy, které využívaly matrace o teplotě vody 4,5°C, následně produkovaly o 11% mléka více a vykazovali sníženou dechovou frekvenci o 22 dechů za minutu oproti kravám v kontrolní skupině. Ortiz et al. (2015) ve své studii hodnotil působení matrací umístěných pod 25 cm podestýlky. Jako podestýlka byl využit písek a separát, aby došlo k ochraně matrací a dojnícím bylo poskytnuto větší pohodlí. Voda byla v tomto případě chlazená na 7°C a při využití písku byla rektální teplota snížena o

0,13°C a při využití separátu o 0,14 °C. Relativně nízké ochlazení zvířat bylo dle studie způsobeno právě využitím podestýlky, která zároveň tvořila i izolační vrstvu.

3.7 Rekonstrukční úpravy stáje

3.7.1 Zelené střechy

Hlavní nevýhodou konvenčních střešních krytin jsou jejich tmavé barvy, které absorbují vysoké množství sluneční energie a oteplují tak okolní ovzduší. Vysoké teploty související s přehřátými krytinami mají za následek nejen zvýšení teplot, ale také zvýšenou potřebu energie, vyšší náklady na nucenou ventilaci a častější výskyty tepelného stresu u zvířat. Výhodou zelených střech tedy je, především jejich schopnost snižovat okolní teploty, díky evapotranspiraci prováděné rostlinami. Zjednodušeně, rostliny využívají tepelnou energii k regulaci teplot tím, že odpařují vodu a tím navíc přispívají ke koloběhu vody, jako je tomu v přírodě. Dle studií je možno tímto efektem snížit okolní teplotu až o 0,8 °C (Bianchini & Hewage 2012). Evapotranspirace uspokojivě snižuje povrchovou teplotu osázených střech včetně okolních teplot, omezuje tepelný tok pronikající do krytin a snižuje tak zmíněnou zátěž nucené ventilace. Díky sledování meteorologických dat a počítačových simulací bylo zjištěno významné zlepšení mikroklimatu v okolí budov využívající zelené střechy, což vedlo k rozvoji jejich využití v mnoha zemích (Wanphen & Nagano 2009).

Zelené střechy působí jako izolace nejen v létě, ale také v zimě pomáhají udržovat stabilní teploty uvnitř stájí. Zjištěné maximální povrchové teploty byly v průměru o více než 19°C nižší v létě a o 6°C vyšší v zimě. Studie ukázaly, že povrchové teploty na konvenčních střechách mohou klesat více než k - 20°C, zatímco pod vrstvami substrátu zelených střech teplota neklesá pod - 10°C. Klesající teploty navíc neovlivňují teploty zasázených střech okamžitě, ale až po několika dnech. Zhruba po 4 dnech se teplota pod půdou začne snižovat v závislosti na výšce substrátu a okolní teplotě (Teemusk & Mander 2010). Porézní vrstva zelených střech také pomáhá zadržovat značné množství dešťové vody, která je pak dále vypařována, přičemž se povrchová teplota porézní vrstvy snižuje uvolněním latentního tepla. Sníží se tak i tepelný tok, který prochází střešní krytinou a obvykle zvyšuje teplotu uvnitř budov. Pokud je porézní vrstva nasycena během dní s nižší intenzitou slunečního záření či v noci, vrstva absorbuje vodu a pokračuje v ochlazování střešních materiálů. Kromě evapotranspirace ovlivňuje obsah vody v půdě také tepelnou vodivost. Tepelný výkon se ve vlhkých půdách zhoršuje, vzhledem k tomu, že voda je lepším vodičem tepla než vzduch. Tepelný výkon zelených střech za sucha tedy snižuje příliv tepla ke krytině o 60%. Když je však půda vlhká, hraje důležitou roli při chlazení právě evapotranspirace, působící jako chladič (Wanphen & Nagano 2009). S jistotou lze říci, že čím je klima teplejší a sušší, tím důležitější je vliv zelených stěn a zelených střech na zmírnění teplot (Alexandri & Jones 2008).

Zelené střechy lze dle účelů a vlastností dělit jako intenzivní a extenzivní. Pro využití v chovech skotu jsou vyhovujícími střechy extenzivní, které jsou pokryty relativně tenkou vrstvou půdy, jsou na nich využívány především druhy sukulentů či jiných nenáročných rostlin a jsou navrženy tak, aby vyžadovali minimální údržbu (Bianchini & Hewage 2012). Podle některých studií souvisí míra izolace střechami i s mírou olistění rostlin a jejich výškou.

Čím je rostlina vyšší a více olistěná, tím více povrchu zastíní a dochází k menšímu přenosu tepla. Stínící efekt listů výrazně ovlivňuje výslednou povrchovou teplotu povrchu budov (Wanphen & Nagano 2009).

Jde-li o konstrukci budov, pro využití některých (především intenzivních) typů zelených střech je nutná konstrukční podpora celé budovy, aby byla zajištěna dostatečná nosnost, která odolá hmotnostnímu zatížení substrátem, drenáží i rostlin a bylo tak zabráněno jejímu zhroucení (Wanphen & Nagano 2009). Dle analýz jsou zelené střechy udržitelnými způsoby pro regulaci teplot. Jejich nevýhodou je však relativní ekologická zátěž z důvodu využití polyetylenových a polypropylenových materiálů, které mají sníženou hmotnost. Ekologická zátěž vzniklá výrobou těchto materiálů je dle výzkumů vyrovnána minimálně po 13 letech využití zelených střech (Bianchini & Hewage 2012). Mezi výhody zelených střech však patří i ochrana střešní krytiny před slunečním zářením, tím je snížena její teplota i teplotní výkyvy materiálu. Střešní krytiny během dne přijímají velké množství slunečního záření, zatímco v noci jejich teplota klesá, čímž se ve velké míře snižuje životnost krytin, vzhledem k jejich pnutí (Teemusk & Mander 2010).

3.7.2 PUR panely

Během posledních let vzrostl zájem o používání kompozitních sendvičových panelů jakožto způsobu pro částečnou tepelnou izolaci budov. Vysoký potenciál skýtají zejména z důvodu lehkého, zároveň pevného a odolného materiálu, toho je využito díky konstrukčnímu řešení (Garrido et al. 2015). Při výběru typu panelu by měl projektant brát v úvahu všechny aspekty, jako je míra zateplení, prosvětlení, požární odolnost, způsob kotvení na nosnou konstrukci či zatížení. Výhodou střešních PUR panelů je jejich profilace, kdy je většinou využito 3 – 5 trapézů, které zvyšují statickou pevnost krytiny (Smutný 2014).

Instalací panelů v chovech hospodářských zvířat je u některých druhů zamezeno tepelným ztrátám, zatímco u jiných pomáhají udržovat tepelný komfort zvířat v letních měsících. V obou případech však snižují energetické výdaje spojené s nucenou ventilací nebo naopak přitápěním. Zároveň panely zamezují kondenzaci vody a tím zamezují vzniku vlhkosti (Synthesia technology 2023).

Panely jsou vyrobeny s využitím polymerních materiálů, které tvoří vnější části panelů, které jsou vyztuženy vlákny, díky čemuž jsou panely pevné i ohebné zároveň (Garrido et al. 2015). Jádro má vysokou izolační schopnost, zatímco vnější části tvoří povětšinou tenké plechy z oceli nebo hliníku. Jádro panelů využívaných jako střešní krytiny je tvořeno nejčastěji s využitím polyuretanu (PUR panely), dále také polyisokyanurátu (PIR), minerálních vláken, expandovaného polystyrenu, či skleněného vlákna (Giunta d'Albani et al. 2017). Velkou výhodou při použití panelů je jejich snadná údržba, díky hladkému povrchu. Pro vyhovující dodržení hygieny je dostačující využití tlakové vody s čisticími prostředky (Synthesia technology 2023).

Pro zemědělské stavby jsou nejčastěji využívány zmíněné PUR panely. Panely jsou navíc navrženy tak, aby vydrželi specifické agresivní podmínky způsobené mikroklimatem uvnitř stájí, které by u běžných panelů vedlo k velmi rychlé korozi. Díky zvýšené ochraně panelů určených do zemědělství navíc zajišťují vyšší tepelnou izolaci, vzduchotěsnost a odolnost. Síla panelů se liší dle druhů hospodářských zvířat, kdy pro skot jsou využívány

panely o tloušťce 30 mm stejně jako u prasat, pro drůbež a králíky pak 40 – 50 mm (Synthesia technology 2023). Střešní panely určené do zemědělství a tedy odolnější proti agresivním vlivům jsou odlišné typem spodního kaširování. U těchto typů je použit sklolaminát, což je kompozitní materiál složený z polyesterové pryskyřice, která je vyztužena skelným vláknem (Smutný 2014). Plech je oboustranně pozinkovaný a pokrytý organickou ochrannou vrstvou. Běžnou úpravou bývá polyesterová vrstva o tloušťce 25 μm , který zajišťuje až 20 letou životnost. Panely jsou vyráběny obvykle v délkách 2 až 16 metrů dle požadavků. Při jejich výběru je nutné brát v úvahu barvu jejich povrchu, který může ve velké míře ovlivňovat míru zahřívání panelů, což může ovlivnit i jejich nosnost (Halové systémy s.r.o. 2019).

3.7.2.1 PUR pěna

Polyuretanová pěna je v podstatě makromolekulární materiál, převážně na organické bázi. Materiál vzniká exotermní reakcí polyadice diphenyldiisocyanátu a směsi vícesytných polymer a polyester alkoholů, aktivátorů, katalyzátorů, stabilizátorů, retardérů hoření a vody. Výsledná hmota je následně napěňována a tvoří uzavřené mikroskopické buněčné struktury, které způsobují výsledné tepelné izolační a hydroizolační vlastnosti. Chemickým složením lze ovlivnit výsledné vlastnosti jako je hmotnost či pevnost (Puren 2010). PUR a PIR pěny jsou aktuálně považovány za jeden z nejlepších a nejtenčích izolantů, to především pro jejich tvarovou a časovou neměnnost, kdy dle studií ztratí po 20 let maximálně 5% izolační vlastnosti (Smutný 2014).

3.7.3 Boční svinovací plachty

V dnešní době jsou stáje pro dojný skot navrhovány tak, aby byly moderní a co nejvíce vzdušné. Moderní stáje jsou stavěny s otevřenými bočními stěnami tak, aby se na tato místa daly instalovat boční plachtové svinovací systémy. Plachty mohou být ztmavené nebo fungovat jako prosvětlovací prvky (Bestcover 2017). Dobře navržené svinovací plachty mohou zásadně snížit energii vynaloženou na tepelnou pohodu zvířat a podpořit využití denního světla namísto umělého osvětlení. Při správné manipulaci navíc dochází jen k nepatrnému oslunění zvířat (Do & Chan 2020). Díky výběru vhodného materiálu můžeme ve velké míře ovlivnit rozložení přirozeného světla ve stáji (Staněk 2018). Tyto boční systémy fungují jako alternativní náhrada větrání starých budov pomocí oken. Boční otvory umožňují přístup čerstvého vzduchu do stáji a jeho výměna je zabezpečena díky odvodu vzduchu hřebenovou štěrbinou či ventilačním systémem. Ovládání plachet funguje manuálně pomocí navíjení přes klikku nebo elektronicky na dálkové ovládání či napojením na automatická čidla sledující klimatické podmínky. Systém se dá využívat také v kombinaci s proti průvanovými sítěmi (Bestcover 2017). Proti průvanové síti se dříve velmi hojně instalovali jako prevence vzniku průvanu a omezení zalétání divokého ptactva do stáji. Aktuálně se od tohoto systému upouští z hlediska zhoršení prosvětlení, sedimentaci prachu na sítích a následně omezení ventilační funkce (Staněk 2018).

Podobným systémem jsou plachtová vrata, která slouží především jako ochrana před nepřízní klimatických vlivů. Jejich výhodou je velmi snadná manipulace, stejně jako u

bočních stěn a možnost využití prosvětlovacích plachet. Slouží jako náhrada klasických vrat, zároveň fungují jako další z prvků ventilace a lze je také kombinovat s proti průvanovými plachtami (Bestcover 2017).

3.7.4 Automatická čidla na plachty

Velkou inovací v používání svinovacích plachet přinesla automatická čidla. Jedná se o plachty ovládané elektromotorem, které jsou napojeny a ovládány elektronickým systémem, který se řídí podle aktuálních podmínek uvnitř stáje. V praxi je tedy poloha plachet ovládána na základě regulace stájové teploty, vlhkosti, koncentrace CO₂, proudění vzduchu atp. (Staněk 2018). Díky ručnímu nastavení lze nastavit i částečné uzavření bočních stěn a zavírání v závislosti na denní době. Čidla samozřejmě umožňují rozdílné ovládání bočních stěn na návětrné a závětrné straně stáje, čímž se ve stáji udržují ideální mikroklima. Využití automatizace však přináší i další pozitiva, v případě umístění čidla do boxu je stěžení zabránění přehřívání boxových loží podél obvodových stěn stáje (Haze 2022).

Systém automatických čidel je složen z více prvků, z nichž je většina umístěna v centrálním rozvaděči. Rozvaděč je propojen s regulačními zařízeními, jako je ventilace, osvětlení nebo právě svinovací stěny. Řídící jednotka poté určuje čas spínání regulačních prostředků na základě dat z čidel. Data jsou zaznamenána díky čidlům umístěným na přijímacích anténách, které jsou rozmístěny ve stáji. Celý tento systém může fungovat v automatickém režimu, nebo může být přepnut na manuální ovládání. Manuálně se dají také změnit hodnoty, podle kterých se poté orientuje celý systém (Krákora 2017).

4 Metodika

Studie byla provedena v souladu s českou legislativou na ochranu zvířat proti týrání (č. 246/1992) a se směrnicí 2010/63/EU o ochraně zvířat používaných pro vědecké účely.

4.1 Farma a zvířata

Pro účely této práce proběhlo sledování faktorů na farmě s holštýnským skotem sídlící v Rudě, která je součástí zemědělského školního podniku Lány. Obec Ruda se nachází v okrese Rakovník ve Středočeském kraji v teplém, mírně suchém podnebí. Nadmořská výška obce je 412 m n. m., průměrná teplota je 8°C, průměrný roční úhrn srážek je 486 mm. Farma se specializuje na chov dojeného holštýnského skotu. V roce 2015 prošla rekonstrukcí, dlouhodobý průměrný stav činí zhruba 550 ks dojnic s průměrnou užitkovostí přes 10 000 kilogramů mléka. Dojnice jsou ustájeny ve stáji s volným ustájením, s boxy nastýlanými separátem. Dojení krav probíhá dvakrát denně v rybinové dojárně. Průtok mléka je nastaven na 0,42 kg/min, pulzace na poměr 60:40 s 55 pulzy na minutu, podtlak je nastaven na 42 kPa. Dojnice jsou ustájeny ve vzdušné stáji s půdorysem 34,16 x 111,3 metry. Výška hřebene je 12 metrů a střešní plášť je tvořen sendvičovými PUR panely. Stěny stáje tvoří automatické svinovací plachty a síť.

4.2 Design experimentu

Cílem studie bylo vyhodnotit vliv stájových mikroklimatických faktorů (minimální vlhkost, maximální vlhkost, průměrná vlhkost, minimální teplota, maximální teplota, průměrná teplota, THI) a makroklimatických (minimální teplota, maximální teplota, průměrná teplota, průměrná vlhkost, doba slunečního svitu) faktorů na užitkovost dojnic (nádoj), kvalitu mléka (obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vybrané zdravotní parametry zvířat zahrnutých do pokusu. Součástí studie zároveň bylo vyhodnocení tepelně vlhkostního indexu (THI), který byl vypočítán podle vzorce $THI = 0,8tdb + ((tdb - 14,4) * RH)/100 + 46,4$. Kde „tdb“ představuje teplotu ovzduší a „RH“ relativní vlhkost ovzduší ve stáji. Za hraniční hodnotu je zde považována hodnota THI 72. Pro naplnění cílů pokusu a ověření hypotéz práce byl navržen pokus založený na sběru klimatických dat ve stáji s produkčními dojnicemi pomocí datalogeru a taktéž externích klimatických dat z meteorologických stanic ČHMU v blízkosti farmy. Vliv nasbíraných klimatických faktorů byl následně statisticky vyhodnocen na vybrané parametry užitkovost, kvality a zdraví. Do pokusu byly zahrnuty všechny dojnice, které byly dojené na farmě v období průběhu pokusu (2023). Celkově bylo zahrnuto 754 zvířat (na první laktaci 346, na druhé laktaci 168 a na třetí a vyšší laktaci 231). Dojnice byly následně rozděleny do 4 skupin podle fáze laktace (1.fáze 0-100 dní, 2.fáze 101-200 dní, 3.fáze 201-300 dní, 4.fáze 301 dní – konec laktace). A do 3 skupin dle pořadí laktace (1.skupina – 1.laktace, 2.skupina – 2.laktace, 3.skupina – 3. a vyšší laktace). Pro účely pokusu, byla zvířata rozdělena do skupin na základě pořadí laktace a stádia laktace. Toto rozdělení umožní vyhodnotit vlivy počasí na základě různého věku a produkce, to nám umožní ověřit hypotézu o rozdílném vlivu klimatických faktorů na různé skupiny zvířat.

4.3 Sběr dat

Údaje o zvířatech zkoumaných pro účely pokusu, tzn. pořadí laktace, počet dní v laktaci (days in milk – DIM) a datum otelení byly získány ze zootechnické dokumentace. Data o nádoji z každého dojení (kg), obsahu tuku (%), obsah proteinu (%), obsah laktózy (%), konduktivita ($S \cdot m^{-1}$), krvi (%), času dojení (sekundy), jsme získali z “real-time“ analyzáru Afilab ze software Afifarm 4.1 (Afimilk Ltd., Afikim, Izrael), pro každé dojení a každou dojnici zahrnutou ve výzkumu. Data o mikroklimatu stáje byla získána z datalogeru (Testo 175 H1, Testo s.r.o., Praha, Česká republika), který byl umístěn ve středu produkční stáje, ve výšce 2,5 m. Měřicí dataloger byl umístěn na takové místo, kde bylo zajištěno měření relativních podmínek v chovu, tak aby zároveň nepřekážel personálu v každodenních činnostech. Tento dataloger měřil teplotu a vlhkost v 15 minutových intervalech, následně byla tato data vyhodnocena a přepočítána pro každý den roku 2023 na průměrnou vlhkost, minimální vlhkost, maximální vlhkost, průměrnou teplotu, minimální teplotu, maximální teplotu a THI. Doplňková data o klimatu, jako je minimální teplota, maximální teplota, průměrná teplota, průměrná vlhkost a doba slunečního svitu byla získána ze stanice ČHMU, konkrétně ze stanice Lány (ID: P01LANY01).

4.4 Statistické vyhodnocení

Na statistické vyhodnocení byl využit statistický program SAS 9.3 (SAS/STAT® 9.3, 2011). Pro výpočet základních statistik pro parametry v datasetu byla použita procedura UNIVARIATE a MEANS. Frekvence byly vypočítané procedurou FREQ. Vzájemné vztahy mezi sledovanými parametry byly vypočítané pomocí procedury CORR. Pro hlavní výpočet byla využita procedura GLM. Pro výběr vhodných efektů do modelové rovnice byla použita procedura REG metoda STEPWISE. Nejlepší model pro vyhodnocení byl vybrán na základě hodnot z AKAIKE INFORMATION CRITERION (AIC). Vybrané efekty byly fixní efekt pořadí laktace, fixní efekt fáze laktace, a fixní efekt jednoho z parametrů počasí (průměrná teplota vzduchu, maximální teplota vzduchu, průměrná vlhkost, sluneční svit, průměrná vlhkost mikroklimatu, maximální teplota mikroklimatu, průměrná teplota mikroklimatu a THI). Skupiny parametrů počasí byly vytvořené na základě smerodatné odchylky od průměrné hodnoty. Rozdíly mezi úrovněmi hodnocených efektů byly testovány za pomoci Turkey – Kramer testu. Hladina významnosti $P < 0,05$ byla použita pro vyhodnocení rozdílů mezi skupinami.

Modelová rovnice: $y_{ijkl} = \mu + a_i + b_j + c_k + e_{ijkl}$

y_{ijkl} - hodnota závislé proměnné (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy)

μ – průměrná hodnota závislé proměnné,

a_i – fixní efekt parametru počasí

- průměrná teplota ($i = 1, n = 75\,479$; $i = 2, n = 50\,383$; $i = 3, n = 79\,930$)
- maximální teplota ($i = 1, n = 81\,461$; $i = 2, n = 45\,308$; $i = 3, n = 79\,023$)
- průměrná vlhkost ($i = 1, n = 48\,429$; $i = 2, n = 94\,886$; $i = 3, n = 62\,477$)
- sluneční svit ($i = 1, n = 93\,566$; $i = 2, n = 41\,956$; $i = 3, n = 69\,345$)
- průměrná vlhkost mikroklimatu ($i = 1, n = 51\,356$; $i = 2, n = 82\,242$; $i = 3, n = 72\,194$)
- maximální teplota mikroklimatu ($i = 1, n = 76\,135$; $i = 2, n = 52\,410$; $i = 3, n = 77\,247$)
- průměrná teplota mikroklimatu ($i = 1, n = 73\,838$; $i = 2, n = 52\,920$; $i = 3, n = 79\,034$)
- THI mikroklimatu ($i = 1, n = 145\,594$; $i = 2, n = 6\,419$; $i = 3, n = 53\,779$)

b_j – fixní efekt pořadí laktace ($j = 1, n = 72\,300$; $j = 2, n = 56\,907$; $j = 3, n = 76\,585$)

c_k – fixní efekt fáze laktace ($k = 1, n = 69\,242$; $k = 2, n = 56\,513$; $k = 3, n = 54\,572$; $k = 4, n = 25\,465$)

e_{ijkl} - náhodná reziduální chyba

5 Výsledky

5.1 Základní statistiky k pozorovaným parametrům

Tabulka č. 1 – Údaje o všech sledovaných hodnotách

Označení hodnot	Celkový počet hodnot	Mminimum	Maximum	Průměr	Standartní odchylka	Variační koeficient
Nádoj (kg)	205792	0.230	47.910	16.386	4.962	30.280
Obsah tuku (%)	196908	1.000	9.220	3.877	0.675	17.413
Obsah bílkovin (%)	198896	1.180	14.020	3.510	0.593	16.887
Obsah laktózy (%)	198699	2.000	6.080	4.822	0.322	6.679
Doba dojení (s)	206373	8.000	2114.000	397.859	118.152	29.697
Průměrná teplota (°C)	206373	-7.400	25.800	9.879	8.228	83.283
Minimální teplota (°C)	206373	-12.400	18.900	5.962	7.048	118.219
Maximální teplota (°C)	206373	-3.900	35.400	14.538	10.087	69.387
Průměrná vlhkost (%)	206373	7.000	100.000	76.006	14.387	18.929
Sluneční svit (hod)	206373	0.000	15.000	4.223	4.246	100.540
Minimální vlhkost* (%)	206373	26.400	92.500	60.750	14.851	24.446
Maximální vlhkost* (%)	206373	73.400	99.300	89.460	4.624	5.168
Průměrná vlhkost* (%)	206373	47.903	96.347	76.373	8.621	11.289
Minimální teplota* (°C)	206373	-4.300	20.000	9.078	5.470	60.249
Maximální teplota* (°C)	206373	3.100	33.900	16.970	7.839	46.196
Průměrná teplota* (°C)	206373	0.826	24.873	13.132	6.453	49.140
THI*	206373	46.020	74.514	51.592	9178.140	17.790

Symbol “*” označuje hodnoty mikroklimatu. THI – teplotně-vlhkostní index.

V pokusu věnovaném vlivu klimatických faktorů a mikroklimatu stáje na užitkovost dojnic bylo shromážděno celkem 3 483 144 hodnot. Pracováno bylo s 205 792 hodnotami týkajícími se množství nádoje jednotlivých zvířat či skupin zvířat, kde minimální nádoj čítá 0, 23 kg, maximální 47,91 kg a průměr je 16, 386 kg. U obsahu tuku bylo shromážděno 196 908 hodnot, minimální obsah tuku byl 1 %, maximální obsah tuku 9,22 % a průměrný obsah tuku byl 3,877. Pro zjištění obsahu bílkovin bylo využito 198 896 hodnot. Minimální obsah bílkovin byl 1,18 %, maximální obsah bílkovin 14,02 a průměr 3, 51. Měřen byl také obsah laktózy, který čítal 198 699 naměřených hodnot. Minimální obsah laktózy byl 2 %, maximální obsah laktózy 6,08 % a průměrný obsah laktózy 4,822 %. Shromážděno bylo 206 373 hodnot týkajících se doby dojení, kdy minimální doba dojení byla 8 sekund, maximální doba dojení 2 114 sekund a průměrná doba dojení dojnic byla 398 sekund.

V pokusu bylo pracováno celkem s 1 031 865 hodnotami charakterizující klimatické podmínky. Shromážděno bylo 206 373 hodnot charakterizující průměrnou teplotu, minimální průměrná teplota byla -7,4 °C, maximální průměrná teplota dosahovala k 25 °C a průměr činil 9,879 °C. Minimální teplota byla pro pokus zaznamenána 206 373 krát. Nejnižší minimum dosáhlo -12,4 °C, nejvyšší minimum 18,9 °C, průměr činil 5,962 °C. Maximální teplota byla zaznamenána 206 373 hodnotami. Nejnižší maximum činilo -3,9 °C, nejvyšší maximum 35,4

°C a průměr 14,538 °C. Maximální vlhkost čítá 206 373 hodnot, nejnižší průměrná vlhkost byla 7%, nejvyšší průměrná vlhkost 100% a průměr činil 76,006 %. Shromážděno bylo i 206 373 hodnot o množství slunečního záření. Minimum bylo 0 hodin, maximum 15 hodin a průměr 4,223 hodin.

Měřeno bylo také mikroklima stáje, kde bylo shromážděno celkem 1 444 611 hodnot. Maximální vlhkost byla zaznamenána 206 373 krát, nejnižší minimální vlhkost činila 26,4 %, nejvyšší minimální vlhkost 92,5 % a průměr 60,750 %. Vlhkostní maximum bylo měřeno 206 373 krát, nejnižší maximum dosáhlo k 73,4 %, nejvyšší maximum k 99,3 % a průměr k 89,460 %. Průměrná vlhkost byla zaznamenána 206 373 hodnotami. Nejnižší naměřený průměr byl 47,903, nejvyšší průměr 96,347 a průměr činil 76,373 %. Minimální teplota byla vyjádřena 206 373 hodnotami, kdy nejnižší minimum bylo -4,3 °C, nejvyšší minimum 20 °C a průměrné minimum 9,078 °C. Maximální teplota byla zaznamenána 206 373 krát. Nejnižší maximum bylo 3,1 °C, nejvyšší maximum 33,9 °C a průměrné maximum dosahovalo 16,97 °C. Průměrná teplota byla měřena 206 373 krát, nejnižší průměr činil 0,826 °C, nejvyšší průměr 24,873 °C a průměr samotný 13,132 °C. Vypočítán byl také vlhkostně teplotní index, který je zaznamenán 206 373 hodnotami, v nichž minimum dosahovalo 46, 020 THI, maximum 74,514 THI a průměr 51,592 THI.

5.1.1 Základní statistiky podle pořadí laktace

Tabulka č. 2 – Hodnoty pro dojnice na 1. laktaci

Pořadí laktace - 1						
Označení hodnot	Celkový počet hodnot	Minimum	Maximum	Průměr	Standardní odchylka	Variační koeficient
Nádoj (kg)	72300	0.230	40.70	14.115	3.248	23.011
Obsah tuku (%)	69289	1	8.380	3.837	0.651	16.971
Obsah bílkovin (%)	69990	1.190	12.490	3.494	0.584	16.703
Obsah laktózy (%)	69943	2.010	5.460	4.827	0.318	6.580
Doba dojení (s)	72431	8	2062	398.044	115.377	28.986

Pro kategorii dojnic na první laktaci bylo shromážděno celkem 353 953 hodnot. Z toho se 72 300 hodnot týkalo nádoje v kg, kde minimální nádoj činil 0.23 kg, maximální nádoj 40,7 kg a průměr 14,115 kg. Shromážděno bylo také 69 289 hodnot pro obsah tuku. Minimum činilo 1 % tuku, maximum 8,38 % tuku a průměr byl 3,837 % tuku. Pro obsah bílkovin bylo zaznamenáno 69 990 hodnot. Minimum pro obsah bílkovin bylo 1,19 %, maximum 12,49 % bílkovin a průměr 3,494 % bílkovin. Obsah laktózy je charakterizován 69 943 hodnotami, kde minimum činilo 2,01 % laktózy, maximum 5,46 % laktózy a průměr byl 4,827 % laktózy. Doba dojení byla u krav na první laktaci měřena v 72 431 hodnotách. Minimum byl stanoven na 8 sekund, maximum na 2 062 sekund a průměrný čas dojení 398, 044 sekund.

Tabulka č. 3 – Hodnoty pro dojnice na 2. laktaci

Pořadí laktace - 2						
Označení hodnot	Celkový počet hodnot	Minimum	Maximum	Průměr	Standardní odchylka	Variační koeficient
Nádoj (kg)	56907	0.230	43.70	17.188	4.997	29.071
Obsah tuku (%)	54292	1.040	9.220	3.886	0.697	17.933
Obsah bílkovin (%)	54873	1.180	11.490	3.503	0.604	17.242
Obsah laktózy (%)	54822	2.010	6.080	4.828	0.328	6.804
Doba dojení (s)	57051	17	2114	395.871	120.114	30.342

Pro dojnice na druhé laktaci bylo zaznamenáno celkem 277 945 hodnot. Pro množství nádoje 56 907 hodnot, kdy minimum činil 0,32 kg, maximum 43,7 kg a průměrný nádoj byl 17,188 kg. Pro obsah tuku v mléce bylo shromážděno 54 292 dat. Minimální naměřený obsah tuku byl 1,04 %, maximální obsah tuku 9,22 % a průměr činil 3,886 %. Shromážděno bylo také 54 873 hodnot pro obsah bílkovin v mléce. Minimum čítal 1,18 % bílkovin, maximum 11,49 % bílkovin a průměrný obsah bílkovin byl 3,523 %. Pro obsah laktózy bylo zaznamenáno 54 822 hodnot. Minimální obsah laktózy pro krávy na druhé laktaci byl 2,01 %, maximální obsah byl 6,08 % laktózy a průměr 4,828 % laktózy. Pro dobu dojení bylo zaznamenáno 57 051 hodnot, kde minimální doba dojení byla 17 sekund, maximální doba 2114 sekund a průměrná doba dojení 395,871 sekund.

Tabulka č. 4 – Hodnoty pro dojnice na 3. laktaci

Pořadí laktace - 3						
Označení hodnot	Celkový počet hodnot	Minimum	Maximum	Průměr	Standardní odchylka	Variační koeficient
Nádoj (kg)	41241	0.230	38.260	18.070	5.213	28.848
Obsah tuku (%)	39490	1.010	8.740	3.912	0.676	17.286
Obsah bílkovin (%)	39884	1.610	14.020	3.537	0.600	16.955
Obsah laktózy (%)	39838	2.010	5.380	4.813	0.323	6.712
Doba dojení (s)	41417	23	1787	396.385	115.140	29.048

Množství hodnot pro dojnice na třetí laktaci bylo dohromady 201 870. Celkový počet hodnot pro nádoj činil 41 241, přičemž minimální naměřený nádoj byl 0,23 kg, maximální nádoj 38,26 kg a průměrný nádoj činil 18,070 kg. Pro obsah tuku bylo shromážděno 39 490 hodnot. Minimální naměřený obsah tuku činil 1,01 %, maximální obsah tuku 8,74 % a průměrný obsah tuku 3,912 %. Množství hodnot pro obsah bílkovin v mléce bylo 39 884. Minimum bylo 1,61 % bílkovin, maximum 14,02 % bílkovin a průměr 3,537 % bílkovin v mléce. Obsah laktózy byl zjištěn 39 838 hodnotami, kdy minimální obsah laktózy činil 2,01 %, maximální obsah 5,38 % laktózy a průměr byl 4,813 % laktózy. Doba dojení byla

znázorněna 41 417 hodnotami. Minimální doba dojení byla vyhodnocena 23 sekundami, maximální doba dojení 1787 sekundami a průměr poté 396,385 sekundami.

5.1.2 Základní statistiky pro vybrané měsíce

5.1.2.1 Parametry hodnocené na dojnicích

Tabulka č. 5 – Hodnoty pro měsíc březen o parametrech hodnocených na dojnicích

Měsíc - březen						
Označení hodnot	Celkový počet hodnot	Minimum	Maximum	Průměr	Standardní odchylka	Variační koeficient
Nádoj (kg)	5352	0.240	33.640	16.442	4.938	30.033
Obsah tuku (%)	5347	1.980	8.110	4.309	0.558	12.940
Obsah bílkovin (%)	5347	2.400	6.310	3.684	0.260	7.071
Obsah laktózy (%)	5344	2.250	5.140	4.784	0.189	3.950
Konduktivita (S.m ⁻¹)	5351	7	15	8.749	0.792	9.053
Doba dojení (s)	5368	26	1264	399.647	119.682	29.947

V březnu bylo o nádoji (kg) nasbíráno 5 352 hodnot, minimum bylo 0,24 kg, maximum 33,64 kg a průměr byl 16,442 kg. O obsahu tuku (%) bylo nasbíráno 5347 hodnot, minimum bylo 1,98 % tuku, maximum 8,11 % tuku a průměr byl 4,309 %. Obsah bílkovin (%) byl hodnocen 5 347 krát, minimum zde bylo 2,4, maximum bylo 6,31 a průměrný obsah bílkovin byl 3,684. O obsahu laktózy (%) bylo nahromaděno 5 344 dat, kdy minimum činilo 2,25, maximum 5,14 a průměrný obsah byl stanoven na 4,784 % laktózy. Konduktivita (S.m⁻¹) byla hodnocena 5 351 krát a minimum zde bylo 7 S.m⁻¹, maximum bylo 15 S.m⁻¹ a průměrná konduktivita činila 8,749 S.m⁻¹. O době dojení (s) bylo nashromážděno 5 368 hodnot, kdy minimum činilo 26 sekund, maximum 1 264 sekund a průměrná doba dojení byla 399,647 sekund.

Tabulka č. 6 – Hodnoty pro měsíc červen o parametrech hodnocených na dojnicích

Měsíc - červen						
Označení hodnot	Celkový počet hodnot	Minimum	Maximum	Průměr	Standardní odchylka	Variační koeficient
Nádoj (kg)	11799	0.230	38.150	16.840	4.714	27.993
Obsah tuku (%)	11308	1.100	8.440	3.831	0.568	14.833
Obsah bílkovin (%)	11309	1.820	7.090	3.560	0.298	8.360
Obsah laktózy (%)	11308	2.410	5.320	4.825	0.192	3.989
Konduktivita (S.m ⁻¹)	11801	6.700	14.500	8.975	0.760	8.466
Doba dojení (s)	11822	146	1126	396.660	106.639	26.884

V červnu bylo o nádoji (kg) nasbíráno 11 799 hodnot, minimum bylo 0,23 kg, maximum 38,15 kg a průměr byl 16,840 kg. O obsahu tuku (%) bylo nasbíráno 11 308 hodnot, minimum bylo 1,1 % tuku, maximum 8,44 % tuku a průměr byl 3,831 %. Obsah bílkovin (%) byl hodnocen 11 309 krát, minimum zde bylo 1,82, maximum bylo 7,09 a průměrný obsah bílkovin byl 3,56. O obsahu laktózy (%) bylo nahromaděno 11 308 dat, kdy minimum činilo 2,41, maximum 5,32 a průměrný obsah byl stanoven na 4,825 % laktózy. Konduktivita ($S.m^{-1}$) byla hodnocena 11 801 krát a minimum zde bylo 6,7 $S.m^{-1}$, maximum bylo 14,5 $S.m^{-1}$ a průměrná konduktivita činila 8,975 $S.m^{-1}$. O době dojení (s) bylo nashromážděno 11 822 hodnot, kdy minimum činilo 146 sekund, maximum 1 126 sekund a průměrná doba dojení byla 396,66 sekund.

Tabulka č. 7 – Hodnoty pro měsíc září o parametrech hodnocených na dojnících

Měsíc - září						
Označení hodnot	Celkový počet hodnot	Minimum	Maximum	Průměr	Standardní odchylka	Variační koeficient
Nádoj (kg)	23215	0.230	33.050	15.638	4.662	29.811
Obsah tuku (%)	22265	1.010	9.090	3.755	0.736	19.610
Obsah bílkovin (%)	22276	1.180	12.490	3.517	0.332	9.453
Obsah laktózy (%)	22264	2.010	5.370	4.773	0.224	4.702
Konduktivita ($S.m^{-1}$)	23248	6.400	16.700	8.976	0.737	8.211
Doba dojení (s)	23303	17	2114	389.036	123.849	31.835

V září bylo o nádoji (kg) nasbíráno 23 215 hodnot, minimum bylo 0,23 kg, maximum 42,9 kg a průměr byl 33,05 kg. O obsahu tuku (%) bylo nasbíráno 22 265 hodnot, minimum bylo 1,01 % tuku, maximum 9,09 % tuku a průměr byl 3,755 %. Obsah bílkovin (%) byl hodnocen 22 276 krát, minimum zde bylo 1,18, maximum bylo 12,49 a průměrný obsah bílkovin byl 3,517. O obsahu laktózy (%) bylo nahromaděno 22 264 dat, kdy minimum činilo 2,01, maximum 5,37 a průměrný obsah byl stanoven na 4,773 % laktózy. Konduktivita ($S.m^{-1}$) byla hodnocena 23 248 krát a minimum zde bylo 6,4 $S.m^{-1}$, maximum bylo 16,7 $S.m^{-1}$ a průměrná konduktivita činila 8,976 $S.m^{-1}$. O době dojení (s) bylo nashromážděno 23 303 hodnot, kdy minimum činilo 17 sekund, maximum 2 114 sekund a průměrná doba dojení byla 389,036 sekund.

Tabulka č. 8 – Hodnoty pro měsíc prosinec o parametrech hodnocených na dojnících

Měsíc - prosinec						
Označení hodnot	Celkový počet hodnot	Minimum	Maximum	Průměr	Standardní odchylka	Variační koeficient
Nádoj (kg)	28086	0.230	40.700	16.715	5.395	32.279
Obsah tuku (%)	25694	1.100	9.140	3.670	0.664	18.082
Obsah bílkovin (%)	26912	1.300	14.020	3.473	1.093	31.463
Obsah laktózy (%)	26847	2.000	5.380	4.806	0.561	11.673
Konduktivita (S.m⁻¹)	28086	6.200	15.800	8.878	0.814	9.170
Doba dojení (s)	28127	8	1434	400.978	116.883	29.149

V prosinci bylo o nádoji (kg) nasbíráno 28 086 hodnot, minimum bylo 0,23 kg, maximum 40,7 kg a průměr byl 16,715 kg. O obsahu tuku (%) bylo nasbíráno 25 694 hodnot, minimum bylo 1,1 % tuku, maximum 9,14 % tuku a průměr byl 3,67 %. Obsah bílkovin (%) byl hodnocen 26 912 krát, minimum zde bylo 1,3, maximum bylo 14,02 a průměrný obsah bílkovin byl 3,473. O obsahu laktózy (%) bylo nahromaděno 26 847 dat, kdy minimum činilo 2, maximum 5,38 a průměrný obsah byl stanoven na 4,806 % laktózy. Konduktivita (S.m⁻¹) byla hodnocena 28 086 krát a minimum zde bylo 6,2 S.m⁻¹, maximum bylo 15,8 S.m⁻¹ a průměrná konduktivita činila 8,878 S.m⁻¹. O době dojení (s) bylo nashromážděno 28 127 hodnot, kdy minimum činilo 8 sekund, maximum 1 434 sekund a průměrná doba dojení byla 400,978 sekund.

5.1.2.1 Klimatické a mikroklimatické faktory

Tabulka č. 9 – Výsledky základních statistik pro sledované klimatické a mikroklimatické parametry v měsíci březen

Měsíc - březen						
Označení hodnot	Celkový počet hodnot	Minimum	Maximum	Průměr	Standardní odchylka	Variační koeficient
Průměrná teplota (°C)	5368	-1.300	1.200	0.203	0.870	428.362
Minimální teplota (°C)	5368	-6.200	0.100	-3.710	2.227	-60.039
Maximální teplota (°C)	5368	3.100	7.800	5.150	1.708	33.160
Průměrná vlhkost (%)	5368	71.000	79.000	75.906	3.093	4.075
Sluneční svit (hod)	5368	0.000	10.200	5.712	4.760	83.333
Minimální vlhkost* (%)	5368	53.800	64.300	58.554	3.655	6.242
Maximální vlhkost* (%)	5368	78.200	86.400	82.282	2.791	3.392
Průměrná vlhkost* (%)	5368	67.568	75.057	71.357	2.458	3.445
Minimální teplota* (°C)	5368	0.100	3.500	1.974	1.286	65.153
Maximální teplota* (°C)	5368	8.100	12.300	9.978	1.541	15.449
Průměrná teplota* (°C)	5368	5.243	7.368	6.231	0.768	12.317
THI*	5368	46,025	46,025	46,025	0	0

Symbol “*” označuje hodnoty mikroklimatu. THI – teplotně-vlhkostní index.

V měsíci březen bylo celkem vyhodnoceno 5 368 hodnot pro každý hodnocený parametr. U průměrné teploty bylo minimum -1,3 °C, maximum 1,2 °C a průměrná teplota byla 0,203. Minimální teplota (°C) měla minimum -6,2 °C, maximum 0,1 °C a průměr -3,71°C. U maximální teploty (°C) dosahovalo minimum 3,1 °C, maximum 7,8 °C a průměr 5,15 °C. Průměrná vlhkost (%) činila během minima 71 %, během maxima 79 % a průměr byl 75,906 %. Sluneční svit (hod) činil během minima 0 hodin, během maxima 10,2 hodiny a průměr byl 5,712 hodin. U hodnot stájového mikroklimatu činilo minimum minimální vlhkosti*(%) 53,8 %, maximum 64,3 % a průměr byl 58,554 %. Maximální vlhkost*(%) měla minimum 78,2 %, maximum 86,4 % a průměr 82,282. Průměrná vlhkost* (%) činila během minima 67,568 %, během maxima 75,057 % a průměr byl 71,357 %. Minimální teplota* (°C) měla minimum 0,1 °C, maximum 3,5 °C a průměr činil 1,974 °C. Maximální teplota* °C měla během minima 8,1 °C, během maxima 12,3 °C a průměr byl 9,978 °C. Průměrná teplota* (°C) měla během minima 5,243 °C, během maxima 7,368 °C a průměr zde činil 6,231. THI mělo minimum, maximum i průměr shodný a to 46,025.

Tabulka č. 10 – Výsledky základních statistik pro sledované klimatické a mikroklimatické parametry v měsíci červen

Měsíc - červen						
Označení hodnot	Celkový počet hodnot	Minimum	Maximum	Průměr	Standardní odchylka	Variační koeficient
Průměrná teplota (°C)	11822	15.7	24.7	19.6541702	2.7319787	13.90025
Minimální teplota (°C)	11822	10.1	18.9	13.6628658	2.335973	17.097241
Maximální teplota (°C)	11822	21.5	30.7	26.4265606	3.0495394	11.539676
Průměrná vlhkost (%)	11822	47	82	64.0653866	8.2212472	12.832588
Sluneční svit (hod)	11822	1	15	7.9953223	4.3000624	53.782227
Minimální vlhkost* (%)	11822	31.1	69.4	46.0299357	10.8973151	23.674409
Maximální vlhkost* (%)	11822	86.1	94.9	90.9186855	2.7521462	3.0270413
Průměrná vlhkost* (%)	11822	57.525	82.276042	69.7970516	6.1462826	8.8059345
Minimální teplota* (°C)	11822	10.6	20	14.7639739	2.4462669	16.569163
Maximální teplota* (°C)	11822	21.7	30.7	26.3949924	2.9009615	10.990575
Průměrná teplota* (°C)	11822	17.1520833	24.217708	20.7239003	2.2170603	10.698084
THI*	11822	46,025	46,025	46,025	0	0

Symbol “*” označuje hodnoty mikroklimatu. THI – teplotně-vlhkostní index.

V měsíci červen bylo celkem vyhodnoceno 11 822 hodnot pro každý hodnocený parametr. U průměrné teploty bylo minimum 15,7 °C, maximum 24,7 °C a průměrná teplota byla 19,654. Minimální teplota (°C) měla minimum 10,1°C, maximum 18,9 °C a průměr 13,663 °C. U maximální teploty (°C) dosahovalo minimum 21,5 °C, maximum 30,7 °C a průměr 26,427 °C. Průměrná vlhkost (%) činila během minima 47 %, během maxima 82 % a průměr byl 64,065 %. Sluneční svit (hod) činil během minima 1 hodin, během maxima 15 hodiny a průměr byl 7,995 hodin. U hodnot stájového mikroklimatu činilo minimum minimální vlhkosti*(%) 31,3 %, maximum 69,4 % a průměr byl 46,03 %. Maximální vlhkost*(%) měla minimum 86,1 %, maximum 94,9 % a průměr 90,919 %. Průměrná vlhkost* (%) činila během minima 57,525 %, během maxima 82,276 % a průměr byl 69,797 %. Minimální teplota* (°C) měla minimum 10,6 °C, maximum 20 °C a průměr činil 14,764 °C. Maximální teplota* °C měla během minima 21,7 °C, během maxima 30,7 °C a průměr byl 26,395 °C. Průměrná teplota* (°C) měla během minima 17,152 °C, během maxima 24,218 °C a průměr zde činil 20,724. THI mělo minimum, maximum i průměr shodný a to 46,025.

Tabulka č. 11 – Výsledky základních statistik pro sledované klimatické a mikroklimatické parametry v měsíci září

Měsíc - září						
Označení hodnot	Celkový počet hodnot	Minimum	Maximum	Průměr	Standardní odchylka	Variační koeficient
Průměrná teplota (°C)	23303	10.200	21.200	16.483	2.806	17.023
Minimální teplota (°C)	23303	5.800	16.800	10.498	2.482	23.638
Maximální teplota (°C)	23303	15.800	29.900	24.058	3.638	15.121
Průměrná vlhkost (%)	23303	60.000	89.000	72.319	6.865	9.492
Sluneční svit (hod)	23303	0.000	12.000	8.444	3.501	41.459
Minimální vlhkost* (%)	23303	39.800	83.600	52.280	9.037	17.285
Maximální vlhkost* (%)	23303	86.800	97.100	92.510	2.266	2.449
Průměrná vlhkost* (%)	23303	66.447	88.638	74.915	4.894	6.533
Minimální teplota* (°C)	23303	7.500	16.400	12.584	2.311	18.366
Maximální teplota* (°C)	23303	18.400	29.500	24.317	3.162	13.004
Průměrná teplota* (°C)	23303	13.379	22.343	18.471	2.117	11.462
THI*	23303	46025.000	70177.000	58651.000	9617.940	16.399

Symbol “*” označuje hodnoty mikroklimatu. THI – teplotně-vlhkostní index.

V měsíci září bylo celkem vyhodnoceno 23 303 hodnot pro každý hodnocený parametr. U průměrné teploty bylo minimum 10,2 °C, maximum 21,2 °C a průměrná teplota byla 16,483. Minimální teplota (°C) měla minimum 5,8°C, maximum 16,8 °C a průměr 10,498 °C. U maximální teploty (°C) dosahovalo minimum 15,8 °C, maximum 29,9°C a průměr 24,058 °C. Průměrná vlhkost (%) činila během minima 60 %, během maxima 89 % a průměr byl 72,319 %. Sluneční svit (hod) činil během minima 0 hodin, během maxima 12 hodiny a průměr byl 8,444 hodin. U hodnot stájového mikroklimatu činilo minimum minimální vlhkosti*(%) 39,8%, maximum 83,6 % a průměr byl 52,28 %. Maximální vlhkost*(%) měla minimum 86,8 %, maximum 97,1 % a průměr 92,51%. Průměrná vlhkost* (%) činila během minima 66,447%, během maxima 88,638 % a průměr byl 74,915 %. Minimální teplota* (°C) měla minimum 7,5 °C, maximum 16,4 °C a průměr činil 12,584 °C. Maximální teplota* °C měla během minima 18,4°C, během maxima 29,5 °C a průměr byl 24,317 °C. Průměrná teplota* (°C) měla během minima 13,379 °C, během maxima 22,343 °C a průměr zde činil 18,471. THI mělo minimum 46,025, maximum 70,177 a průměr 58,651. Standardní odchylka byla 9 617,94 a variační koeficient 16,399.

Tabulka č. 12 – Výsledky základních statistik pro sledované klimatické a mikroklimatické parametry v měsíci prosinec

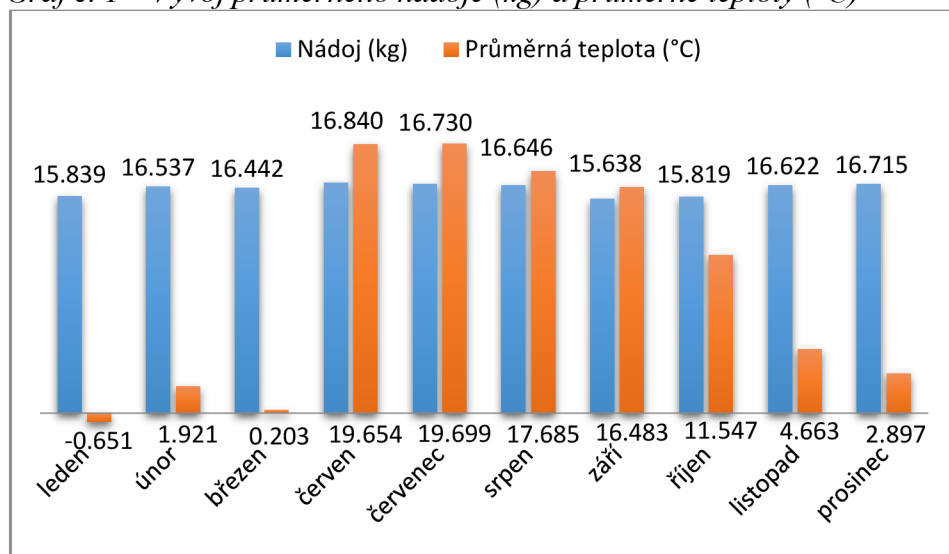
Měsíc - prosinec						
Označení hodnot	Celkový počet hodnot	Minimum	Maximum	Průměr	Standardní odchylka	Variační koeficient
Průměrná teplota (°C)	28127	-7.400	9.100	2.897	4.172	144.021
Minimální teplota (°C)	28127	-12.400	8.700	0.521	4.629	888.478
Maximální teplota (°C)	28127	-3.900	10.100	4.979	4.162	83.574
Průměrná vlhkost (%)	28127	58.000	98.000	86.255	9.075	10.521
Sluneční svit (hod)	28127	0.000	4.900	0.895	1.506	168.245
Minimální vlhkost* (%)	28127	52.900	84.800	74.906	6.385	8.524
Maximální vlhkost* (%)	28127	77.700	91.800	88.240	2.465	2.793
Průměrná vlhkost* (%)	28127	68.113	88.171	82.110	3.656	4.452
Minimální teplota* (°C)	28127	-2.900	12.300	6.101	3.494	57.277
Maximální teplota* (°C)	28127	3.100	14.900	10.581	3.465	32.748
Průměrná teplota* (°C)	28127	0.826	13.332	8.486	3.263	38.453
THI*	28127	46020	56210	478441	3328.060	6.956

Symbol “*” označuje hodnoty mikroklimatu. THI – teplotně-vlhkostní index.

V měsíci prosinec bylo celkem vyhodnoceno 28 127 hodnot pro každý hodnocený parametr. U průměrné teploty bylo minimum -7,4 °C, maximum 9,1 °C a průměrná teplota byla 2,897. Minimální teplota (°C) měla minimum -12,4 °C, maximum 8,7 °C a průměr 0,521 °C. U maximální teploty (°C) dosahovalo minimum -3,9 °C, maximum 10,1°C a průměr 4,979 °C. Průměrná vlhkost (%) činila během minima 58 %, během maxima 98 % a průměr byl 86,255 %. Sluneční svit (hod) činil během minima 0 hodin, během maxima 4,9 hodiny a průměr byl 0,895 hodin. U hodnot stájového mikroklimatu činilo minimum minimální vlhkosti*(%) 52,9 %, maximum 84,8 % a průměr byl 74,906 %. Maximální vlhkost*(%) měla minimum 77,7 %, maximum 91,8 % a průměr 88,24 %. Průměrná vlhkost* (%) činila během minima 68,113 %, během maxima 88,171 % a průměr byl 82,11 %. Minimální teplota* (°C) měla minimum -2,9 °C, maximum 12,3 °C a průměr činil 6,101 °C. Maximální teplota* °C měla během minima 3,1°C, během maxima 14,9 °C a průměr byl 10,581 °C. Průměrná teplota* (°C) měla během minima 0,826 °C, během maxima 13,332 °C a průměr zde činil 8,486. THI mělo minimum 46,02, maximum 56,210 a průměr 47,844. Standardní odchylka byla 3 328,06 a variační koeficient 6,956.

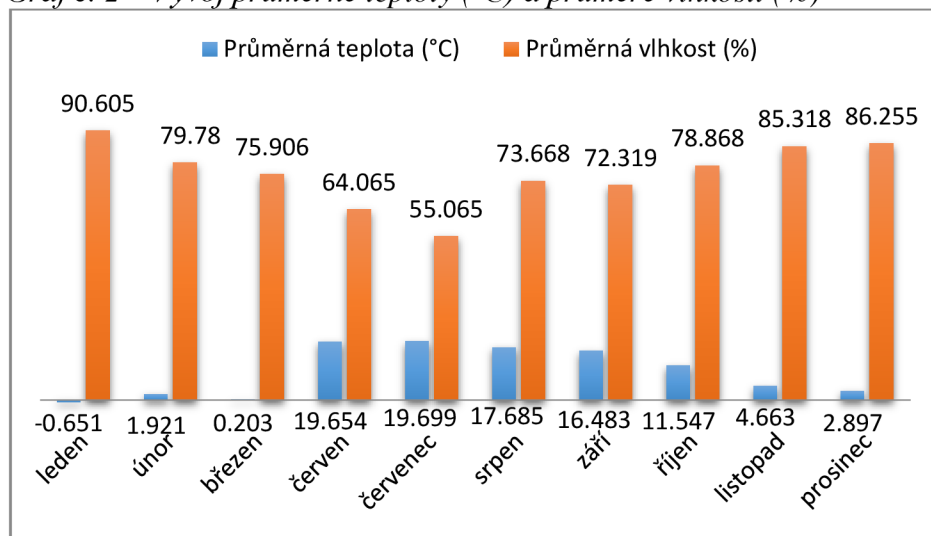
5.2 Grafická vyhodnocení vztahů mezi hodnotami

Graf č. 1 – Vývoj průměrného nádoje (kg) a průměrné teploty (°C)



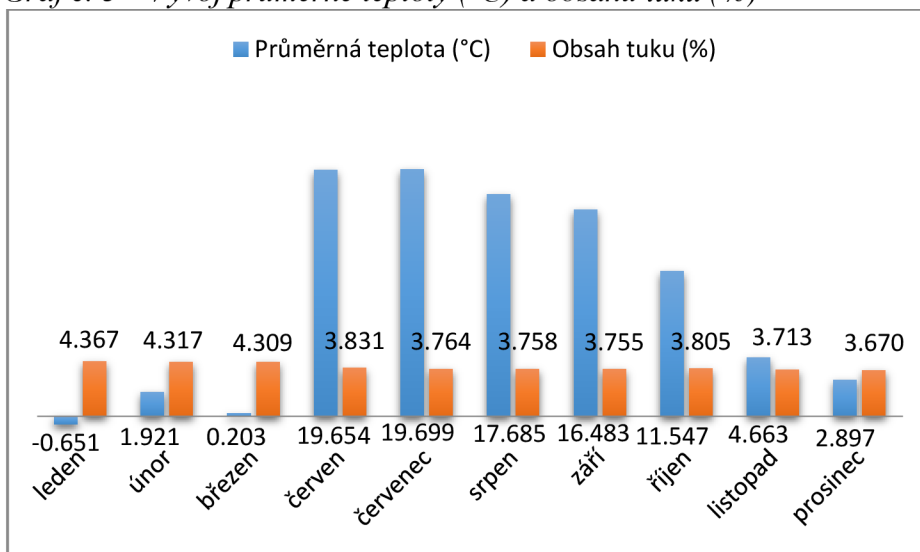
Cílem tohoto grafu bylo zhodnotit vliv průměrné teploty (°C) na množství nádoje (kg). Dle grafu je možné zhodnotit, že množství nádoje je po většinu roku relativně neměnné. K menším výkyvům došlo pouze u měsíce leden, kdy teplota klesala pod bod mrazu. Dále byl o něco menší úbytek u září a října.

Graf č. 2 – Vývoj průměrné teploty (°C) a průměrné vlhkosti (%)



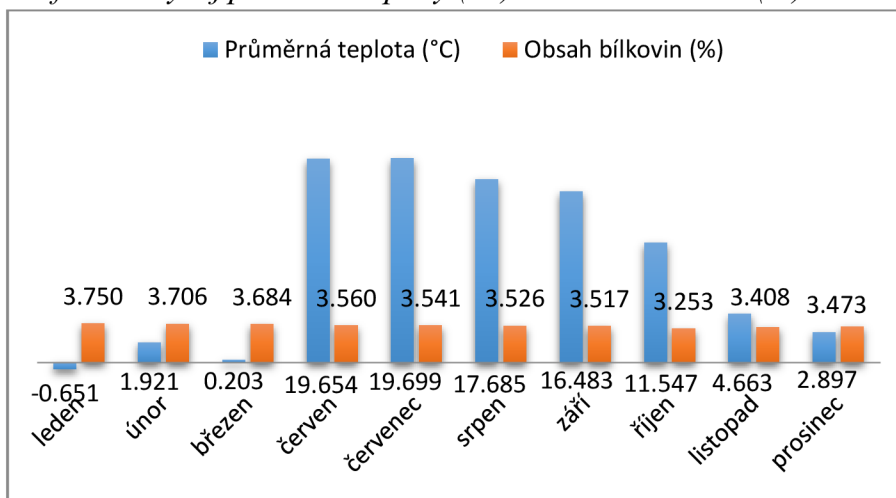
Graf číslo 2. poukazuje na souvislost mezi změnou teploty a vlhkosti. Na grafu je možné vidět prudký pokles průměrné vlhkosti (%) při zvýšení průměrné teploty (°C) a to především v měsících červen a červenec. Nejvyšší průměrná vlhkost (%) byla naopak v měsících s nejnižší průměrnou teplotou (°C), jako je především leden, listopad a prosinec.

Graf č. 3 – Vývoj průměrné teploty (°C) a obsahu tuku (%)



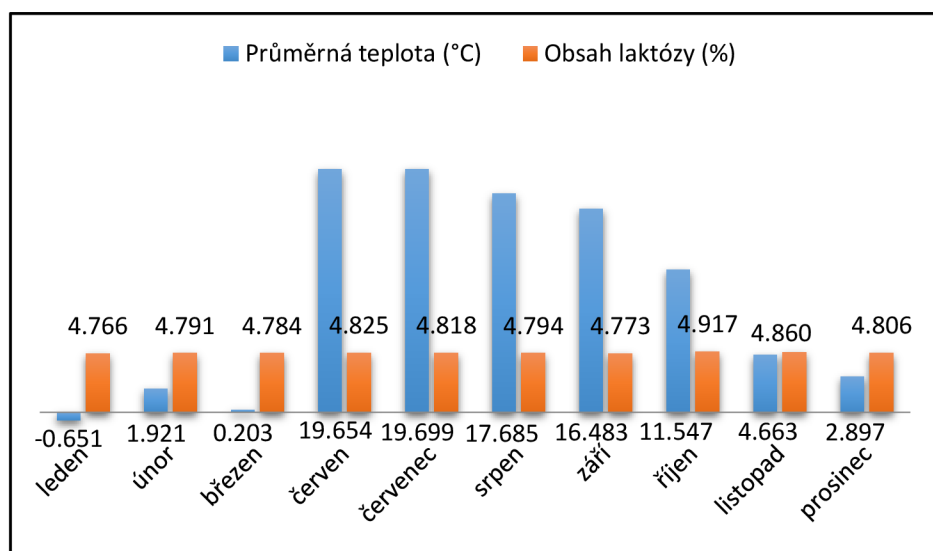
Graf číslo 3 znázorňuje vztah mezi průměrnou teplotou (°C) a obsahem tuku (%). Můžeme si všimnout, že nejvyšším obsahem tuku (%) disponovali měsíce s nejnižší průměrnou teplotou (°C), jako je leden, únor a březen. Ke snížení téměř o 1 % došlo ihned po nástupu vyšších teplot v červnu.

Graf č. 4 – Vývoj průměrné teploty (°C) a obsahu bílkovin (%)



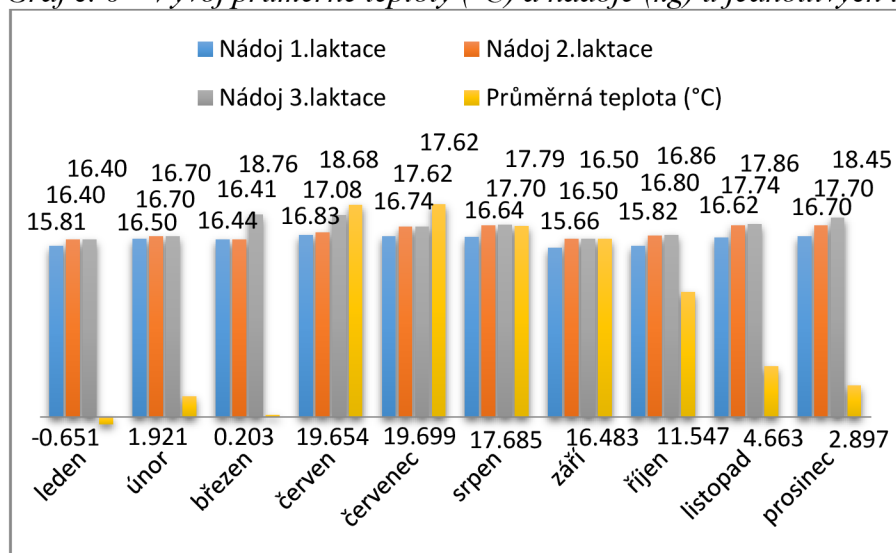
Nejvyšší obsah bílkovin (%) je dle grafu č. 4 možné detekovat v měsících s nejnižší průměrnou teplotou (°C), tedy v lednu. Nejnižší obsah bílkovin se dle grafu vyskytl v listopadu.

Graf č. 5 – Vývoj průměrné teploty (°C) a obsahu laktózy (%)



Obsah laktózy je vlivem klimatických a mikroklimatických faktorů ovlivňován minimálně, což je posoudit i při pohledu na graf číslo 5. Na grafu není viditelné žádné kolísání v závislosti na teplotě, což můžeme posoudit vzhledem k vyššímu obsahu laktózy (%) v některých chladných i teplých měsících a stejně tak i nižší obsah bílkovin (%) je zjevný u chladných i teplých měsíců.

Graf č. 6 – Vývoj průměrné teploty (°C) a nádoje (kg) u jednotlivých laktaci



Dle grafu č. 6 můžeme vidět, že krávy na první laktaci měly obecně nejnižší množství nádoje, které navíc kleslo v měsících září a říjen, naopak v březnu převýšilo nádoj krav na druhé laktaci. Obecně byl jejich nádoj nejvyšší v červnu a červenci, nejnižší pak v září. Krávy na druhé laktaci měly nejvyšší množství nádoje v červenci a listopadu, nejnižší v lednu a březnu, kdy byly i nejnižší teploty. Množství nádoje bylo během roku relativně stabilní. Krávy na třetí laktaci měly obecně nejvyšší nádoj, který ostatní skupiny nejvíce převyšoval v březnu, červnu, červenci a prosinci. V ostatních měsících bylo množství nádoje srovnatelné s dojnici na druhé laktaci. K nejnižšímu průměrnému nádoji poté došlo v lednu a září.

5.3 Korelace

Všechny hodnoty byly hodnoceny podle Pearsonova korelačního koeficientu, který může nabývat hodnot -1;1 a je hodnocen ve třech stupních. Slabá závislost je popsána při hodnotách -0,3;0,3, ke střední závislosti dochází v rozmezích -0,6; -0,3 a 0,3; 0,6. Silná závislost je popisována v rozmezí dat -1; -0,6 a 0,6; 1.

Tabulka č. 13 – Korelační vztahy mezi sledovanými parametry počasí a užitkovostí dojnic

		Nádoj (kg)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)	Konduktivita (S.m ⁻¹)	Krev (%)	Doba dojení (s)
Průměrná teplota (°C)	r	-0.004	-0.188	-0.063	0.019	0.083	0.002	-0.027
	P	0.0999	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0.415	<,0001
Minimální teplota (°C)	r	-0.002	-0.200	-0.073	0.024	0.084	0.002	-0.023
	P	0.3299	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0.3995	<,0001
Maximální teplota (°C)	r	-0.007	-0.175	-0.058	0.016	0.079	0.002	-0.027
	P	0.0009	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0.4718	<,0001
Průměrná vlhkost (%)	r	-0.015	0.069	-0.008	-0.003	-0.046	0.003	0.008
	P	<,0001	<,0001	0.0006	0.2498	<,0001	0.2379	0.0004
Sluneční svit (hod)	r	-0.013	-0.058	0.003	-0.012	0.037	-0.001	-0.022
	P	<,0001	<,0001	0.1787	<,0001	<,0001	0.5342	<,0001

V tabulce č. 13 jsou uvedeny korelační koeficienty mezi hodnocenými klimatickými faktory a parametry hodnocenými na dojnicích. Průkaznost korelačních vztahů byla hodnocena dle hladiny významnosti $P < 0,01$. Hodnota průměrné teploty negativně korelovala s obsahem tuku $r = -0,188$; $P < 0,01$. Průměrná teplota rovněž negativně korelovala s obsahem bílkovin $r = -0,063$; $P < 0,01$. Dále pozitivně korelovala s obsahem laktózy $r = 0,019$; $P < 0,01$. K pozitivní korelaci dále došlo mezi průměrnou teplotou a konduktivitou $r = 0,083$; $P < 0,01$. K negativní korelaci došlo u doby dojení $r = -0,027$; $P < 0,01$.

Minimální teplota negativně korelovala s obsahem tuku $r = -0,200$; $P < 0,01$. Dále negativně korelovala s obsahem bílkovin $r = -0,073$; $P < 0,01$ a pozitivně korelovala s obsahem laktózy $r = 0,024$; $P < 0,01$. K pozitivní korelaci došlo i mezi minimální teplotou a konduktivitou $r = 0,084$; $P < 0,01$. K negativní korelaci došlo i u doby dojení $r = -0,023$; $P < 0,01$.

U maximální teploty došlo k negativní korelaci u obsahu tuku $r = -0,175$; $P < 0,01$, dále také u obsahu bílkovin $r = -0,058$; $P < 0,01$. K pozitivní korelaci došlo u obsahu laktózy $r = 0,016$; $P < 0,01$, dále i u konduktivity $r = 0,079$; $P < 0,01$.

Průměrná vlhkost negativně korelovala s množstvím nádoje $r = -0,015$; $P < 0,01$. Dále došlo k pozitivní korelaci u obsahu tuku $r = 0,069$; $P < 0,01$. K negativní korelaci poté došlo u konduktivity $r = -0,046$; $P < 0,01$.

Sluneční svit negativně koreloval s množstvím nádoje $r = -0,013$; $P < 0,01$, dále negativně koreloval i s obsahem tuku $r = -0,058$; $P < 0,01$. K další negativní korelaci došlo u obsahu laktózy $r = -0,012$; $P < 0,01$. Ke pozitivní korelaci došlo u konduktivity $r = 0,037$. Negativní korelace byla zjištěna také u doby dojení (s) $r = -0,022$; $P < 0,01$.

Tabulka č. 14 – Korelační vztahy mezi sledovanými parametry mikroklimatu a užitkovostí dojnic

		Nádoj (kg)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)	Konduktivita (S.m ⁻¹)	Krev (%)	Doba dojení (s)
Minimální vlhkost* (%)	r	-0.003	0.052	-0.013	0.004	-0.042	0.004	0.015
	P	0.2433	<,0001	<,0001	0.0619	<,0001	0.081	<,0001
Maximální vlhkost* (%)	r	-0.032	-0.115	-0.110	0.037	0.032	0.005	-0.019
	P	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0.0309	<,0001
Průměrná vlhkost* (%)	r	-0.018	0.000	-0.061	0.022	-0.024	0.006	0.004
	P	<,0001	0.9673	<,0001	<,0001	<,0001	0.0121	0.0725
Minimální teplota* (°C)	r	0.003	-0.197	-0.055	0.010	0.083	0.001	-0.021
	P	0.1414	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0.6207	<,0001
Maximální teplota* (°C)	r	-0.004	-0.175	-0.048	0.009	0.079	0.001	-0.026
	P	0.1069	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0.6482	<,0001
Průměrná teplota* (°C)	r	0.000	-0.189	-0.050	0.009	0.083	0.001	-0.025
	P	0.9257	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0.6309	<,0001
THI*	r	0.002	-0.125	0.024	-0.048	0.051	-0.010	-0.016
	P	0.2646	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001

Symbol “*” označuje hodnoty mikroklimatu.

V tabulce č. 14 jsou uvedené korelační koeficienty mezi hodnoceným mikroklimatem stáje (mikroklima stáje je označeno symbolem* pro rozlišení s klimatickými faktory) a parametry hodnocenými na dojnících. Průkaznost korelačních vztahů byla hodnocena dle hladiny významnosti $P < 0,01$.

U minimální vlhkosti* došlo k pozitivní korelaci obsahu tuku $r = 0,052$; $P < 0,01$. K negativní korelaci poté došlo mezi minimální vlhkostí* a obsahem bílkovin $r = -0,013$; $P < 0,01$ a dále i u minimální vlhkosti* a konduktivity $r = -0,042$; $P < 0,01$. K pozitivní korelaci došlo také mezi minimální vlhkostí* a dobou dojení $r = 0,015$; $P < 0,01$.

Maximální vlhkost* negativně korelovala s množstvím nádoje $r = -0,032$; $P < 0,01$. Dále došlo k negativní korelaci maximální vlhkostí* s obsahem tuku $r = -0,0115$; $P < 0,01$ i s obsahem bílkovin $r = -0,0110$; $P < 0,01$. K pozitivní korelaci došlo mezi maximální vlhkostí* a obsahem laktózy $r = 0,037$; $P < 0,01$ a maximální vlhkostí* a konduktivitou $r = 0,032$; $P < 0,01$. K negativní korelaci došlo u doby dojení $r = -0,019$; $P < 0,01$.

Průměrná vlhkost* negativně korelovala s nádojem $r = -0,018$; $P < 0,01$. Dále průměrná vlhkost* negativně korelovala s obsahem bílkovin $r = -0,061$. K pozitivní korelaci došlo u průměrné vlhkosti* a obsahu laktózy $r = 0,022$. Negativní korelace byla zjištěna také u průměrné vlhkosti a konduktivity $r = -0,024$; $P < 0,01$.

Minimální teplota* negativně korelovala s obsahem tuku (%) $r = -0,197$; $P < 0,01$ i s obsahem bílkovin $r = -0,055$; $P < 0,01$. K pozitivní korelaci došlo mezi minimální teplotou* a obsahem laktózy $r = 0,010$; $P < 0,01$ a u konduktivity $r = 0,083$; $P < 0,01$. Negativní korelace byla prokázána u minimální teploty a doby dojení $r = -0,021$; $P < 0,01$.

Maximální teplota* negativně korelovala s obsahem tuku $r = -0,175$; $P < 0,01$ i s obsahem bílkovin $r = -0,048$; $P < 0,01$. K pozitivní korelaci došlo u maximální teploty* a obsahu laktózy

$r=0,009$; $P<0,01$ a mezi maximální teplotou* a konduktivitou $r=0,079$; ; $P<0,01$. K negativní korelaci došlo mezi maximální teplotou* a dobou dojení $r=-0,026$; $P<0,01$.

Průměrná teplota* negativně korelovala s obsahem tuku $r=-0,189$; $P<0,01$ a s obsahem bílkovin $r=-0,050$; $P<0,01$. K pozitivní korelaci došlo mezi průměrnou teplotou* a obsahem laktózy $r=0,009$ a průměrnou teplotou* a konduktivitou $r=0,83$; $P<0,01$. K pozitivní korelaci došlo mezi průměrnou teplotou* a dobou dojení $r=-0,025$ $P<0,01$.

Tabulka č. 15 – Korelační vztahy mezi sledovanými parametry mikroklimatu a počasí

		Minimální vlhkost* (%)	Maximální vlhkost* (%)	Průměrná vlhkost* (%)	Minimální teplota* (°C)	Maximální teplota* (°C)	Průměrná teplota* (°C)	THI*
Průměrná teplota (°C)	r	-0.706	0.150	-0.535	0.931	0.979	0.989	0.646
	P	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Minimální teplota (°C)	r	-0.587	0.205	-0.405	0.974	0.907	0.956	0.610
	P	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Maximální teplota (°C)	r	-0.772	0.135	-0.587	0.880	0.993	0.975	0.651
	P	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Průměrná vlhkost (%)	r	0.876	0.333	0.861	-0.537	-0.712	-0.671	-0.492
	P	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Sluneční svit (hod)	r	-0.800	-0.085	-0.706	0.368	0.676	0.577	0.422
	P	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001

Symbol “*” označuje hodnoty mikroklimatu.

V tabulce č. 15 jsou uvedené korelační koeficienty mezi hodnoceným mikroklimatem stáje (mikroklima stáje je označeno symbolem* pro rozlišení s klimatickými faktory) a hodnocenými parametry klimatu. Průkaznost korelačních vztahů byla hodnocena dle hladiny významnosti $P<0,01$.

U průměrné teploty došlo k silné negativní korelaci s minimální vlhkostí* $r=-0,706$; $P<0,01$. Ke slabé pozitivní korelaci došlo mezi průměrnou teplotou a maximální vlhkostí* $r=0,150$; $P<0,01$. Ke střední negativní korelaci došlo u průměrné teploty a průměrné vlhkosti* $r=-0,535$; $P<0,01$. Silná pozitivní korelace byla zjištěna u průměrné teploty a minimální teploty* $r=0,931$; $P<0,01$, a průměrné teploty a maximální teploty* $r=0,979$; $P<0,01$, také mezi průměrnou teplotou a průměrnou teplotou* $r=0,989$; $P<0,01$ a průměrnou teplotou a THI* $r=0,646$; $P<0,01$.

Minimální teplota středně negativně korelovala s minimální vlhkostí* $r=-0,587$; $P<0,01$ a s průměrnou vlhkostí* $r=-0,405$. Ke slabé pozitivní korelaci došlo mezi minimální teplotou a maximální vlhkostí* $r=0,205$; $P<0,01$. Silná pozitivní korelace byla zjištěna mezi minimální teplotou a minimální teplotou* $r=0,974$; $P<0,01$, minimální teplotou a maximální teplotou* $r=0,907$; $P<0,01$, a minimální teplotou a průměrnou teplotou* $r=0,956$; $P<0,01$, dále mezi minimální teplotou a THI $r=0,610$; $P<0,01$.

Maximální teplota silně negativně korelovala s minimální vlhkostí* $r=-0,772$; $P<0,01$. Slabě pozitivně korelovala maximální teplota s maximální vlhkostí* $r=0,135$; $P<0,01$. Dále středně negativně korelovala maximální teplota s průměrnou vlhkostí* $r=-0,587$; $P<0,01$. K silné pozitivní korelaci došlo mezi maximální teplotou a minimální teplotou* $r=0,880$;

$P < 0,01$, maximální teplotou a maximální teplotou* $r = 0,993$; $P < 0,01$, maximální teplotou a průměrnou teplotou* $r = 0,975$; $P < 0,01$ a maximální teplotou a THI $r = 0,651$; $P < 0,01$.

Průměrná vlhkost silně pozitivně korelovala s minimální vlhkostí* $r = 0,876$; $P < 0,01$ a průměrnou vlhkostí* $r = 0,861$; $P < 0,01$. Ke slabé pozitivní korelaci došlo u maximální vlhkosti a maximální vlhkostí* $r = 0,333$; $P < 0,01$. Ke střední negativní korelaci došlo u maximální vlhkosti a průměrné vlhkostí* $r = -0,537$ a u maximální vlhkosti a THI* $r = -0,492$. Silná negativní korelace byla zjištěna u maximální teploty* $r = 0,712$; $P < 0,01$ a u průměrné teploty* $r = -0,671$; $P < 0,01$.

Sluneční svit silně negativně koreloval s minimální vlhkostí* $r = -0,800$; $P < 0,01$ a s průměrnou vlhkostí* $r = -0,706$; $P < 0,01$. Ke slabé negativní korelaci došlo u slunečního svitu s maximální vlhkostí* $r = -0,85$; $P < 0,01$. Ke střední pozitivní korelaci došlo u slunečního svitu a minimální teploty* $r = 0,368$; $P < 0,01$, slunečního svitu a průměrné teploty* $r = 0,577$; $P < 0,01$ a slunečního svitu a THI* $r = 0,422$; $P < 0,01$. Vysoká pozitivní korelace byla dokázána mezi slunečním svitem a maximální teplotou* $r = 0,676$; $P < 0,01$.

5.4 Vyhodnocení ANOVA

Tabulka č. 16 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

Průměrná teplota (°C)	Model R - square	Průkaznost model	Efekt fáze laktace	Průkaznost	Efekt průměrné teploty f-hodnota	Průkaznost
Nádoj (kg)	0.325	<,0001	21841.4	<,0001	299.72	<,0001
Doba dojení (s)	0.031	<,0001	1744.35	<,0001	72.59	<,0001
Obsah tuku (%)	0.058	<,0001	1127.26	<,0001	3234.4	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.019	<,0001	51.06	<,0001	1384.56	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.008	<,0001	101.43	<,0001	457.56	<,0001

Modelová rovnice pro průměrnou teplotu byla v případě fáze laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vysvětluje proměnlivost od 0,8 % do 32,5 %. S nejvyšší vysvětlovací hodnotou pro parametr nádoje (kg) 32,5 %.

Tabulka č. 17 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů fáze laktace a průměrné teploty na sledované parametry užitkovosti dojnic pomocí procedury GLM

Fáze laktace	Průměrná teplota (°C)	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
		LSMEAN ± SE				
do 100 dní	pod 5,8 °C	18,679 ± 0,025 ^A	419,885 ± 0,711 ^A	3,965 ± 0,004 ^A	3,555 ± 0,004 ^A	4,806 ± 0,002 ^A
do 100 dní	5,8 °C - 14 °C	18,515 ± 0,031 ^B	432,266 ± 0,873 ^B	3,644 ± 0,005 ^B	3,368 ± 0,005 ^B	4,843 ± 0,002 ^B
do 100 dní	nad 14 °C	18,564 ± 0,026 ^{A,B,C}	403,213 ± 0,740 ^C	3,747 ± 0,004 ^C	3,515 ± 0,004 ^C	4,797 ± 0,002 ^{A,C}
od 101 do 200 dní	pod 5,8 °C	17,239 ± 0,027 ^D	404,505 ± 0,769 ^{C,D}	4,032 ± 0,004 ^D	3,611 ± 0,004 ^D	4,803 ± 0,002 ^{A,D}
od 101 do 200 dní	5,8 °C - 14 °C	17,130 ± 0,035 ^{D,E}	396,220 ± 0,993 ^E	3,758 ± 0,006 ^{C,E}	3,409 ± 0,005 ^E	4,866 ± 0,003 ^E
od 101 do 200 dní	nad 14 °C	17,846 ± 0,029 ^F	398,215 ± 0,827 ^{E,F}	3,708 ± 0,005 ^F	3,512 ± 0,004 ^{C,F}	4,819 ± 0,002 ^F
od 201 do 300 dní	pod 5,8 °C	14,36 ± 0,031 ^G	389,382 ± 0,892 ^G	4,096 ± 0,005 ^G	3,587 ± 0,005 ^G	4,816 ± 0,002 ^{A,F,G}
od 201 do 300 dní	5,8 °C - 14 °C	14,37 ± 0,036 ^{G,H}	372,863 ± 1,038 ^H	3,961 ± 0,006 ^{A,H}	3,364 ± 0,005 ^{B,F}	4,896 ± 0,003 ^H
od 201 do 300 dní	nad 14 °C	14,752 ± 0,026 ^I	391,137 ± 0,741 ^{G,I}	3,796 ± 0,004 ^I	3,504 ± 0,004 ^{C,I}	4,827 ± 0,002 ^{F,I}
od 301 dní do konce	pod 5,8 °C	11,723 ± 0,044 ^J	364,036 ± 1,253 ^J	4,182 ± 0,007 ^J	3,609 ± 0,006 ^{D,G,J}	4,787 ± 0,004 ^{C,J}
od 301 dní do konce	5,8 °C - 14 °C	11,854 ± 0,052 ^{J,K}	342,037 ± 1,472 ^K	4,063 ± 0,009 ^{D,K}	3,430 ± 0,008 ^{E,K}	4,844 ± 0,004 ^{B,K}
od 301 dní do konce	nad 14 °C	12,735 ± 0,040 ^L	376,841 ± 1,129 ^{H,L}	3,854 ± 0,007 ^L	3,532 ± 0,006 ^{C,L}	4,806 ± 0,003 ^{A,L}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba.

Fáze laktace měla na nádoj v porovnání s průměrnou teplotou silnější vliv. Nádoj v jednotlivých fázích laktace byl velmi podobný bez ohledu na teplotu. Průkazně nejvyšší nádoj jsme pozorovali u dojnic do 100 dní laktace během teploty pod 5,8 °C. Průkazně nejvyšší dobu dojení u dojnic do 100 dní laktace při teplotách nad 14 °C. Průkazně nejvyšší obsah tuku jsme pozorovali u dojnic nad 301 dní laktace. Nejvyšší obsah bílkovin u dojnic mezi 101 a 200 dny laktace a nejvyšší obsah laktózy u dojnic mezi 201 a 300 dny laktace.

Tabulka č. 18 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

Průměrná teplota (°C)	Model R - square	Průkaznost model	Efekt pořadí laktace	Průkaznost	Efekt průměrné teploty f-hodnota	Průkaznost
Nádoj (kg)	0.325	<,0001	15481.2	<,0001	299.72	<,0001
Doba dojení (s)	0.031	<,0001	18.84	<,0001	72.59	<,0001
Obsah tuku (%)	0.058	<,0001	199.9	<,0001	3234.4	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.019	<,0001	88.3	<,0001	1384.56	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.008	<,0001	58.66	<,0001	457.56	<,0001

Modelová rovnice pro průměrnou teplotu byla v případě pořadí laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vysvětluje proměnlivost od 1,9 % do 32,5 %. S nejvyšší vysvětlovací hodnotou pro parametr nádoje (kg) 32,5 %.

Tabulka č. 19 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů pořadí laktace a průměrné teploty na sledované parametry užitkovosti dojníc pomocí procedury GLM

Pořadí laktace	Průměrná teplota (°C)	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
		LSMEAN ± SE				
1	pod 5,8 °C	13,235 ± 0,026 ^A	398,197 ± 0,731 ^A	4,044 ± 0,004 ^A	3,571 ± 0,004 ^A	4,807 ± 0,002 ^A
1	5,8 °C - 14 °C	13,267 ± 0,032 ^{A,B}	371,593 ± 0,907 ^B	3,853 ± 0,005 ^B	3,372 ± 0,005 ^B	4,867 ± 0,003 ^B
1	nad 14 °C	13,904 ± 0,025 ^C	401,149 ± 0,702 ^{A,C}	3,687 ± 0,004 ^C	3,505 ± 0,004 ^C	4,817 ± 0,002 ^C
2	pod 5,8 °C	16,069 ± 0,029 ^D	390,098 ± 0,828 ^D	4,061 ± 0,005 ^A	3,578 ± 0,004 ^{A,D}	4,810 ± 0,002 ^{A,C,D}
2	5,8 °C - 14 °C	16,305 ± 0,035 ^E	391,142 ± 1,000 ^{D,E}	3,832 ± 0,006 ^{B,D}	3,380 ± 0,005 ^{B,E}	4,873 ± 0,003 ^{B,E}
2	nad 14 °C	16,631 ± 0,028 ^F	386,577 ± 0,803 ^{D,F}	3,831 ± 0,005 ^{B,E}	3,521 ± 0,004 ^{C,F}	4,814 ± 0,002 ^{A,F}
3 a vyšší	pod 5,8 °C	17,197 ± 0,026 ^G	395,060 ± 0,727 ^{A,G}	4,101 ± 0,004 ^F	3,622 ± 0,004 ^G	4,792 ± 0,002 ^G
3 a vyšší	5,8 °C - 14 °C	16,830 ± 0,031 ^H	394,805 ± 0,870 ^{A,E,H}	3,885 ± 0,005 ^G	3,426 ± 0,004 ^H	4,846 ± 0,002 ^H
3 a vyšší	nad 14 °C	17,388 ± 0,024 ^I	389,328 ± 0,689 ^{D,I}	3,810 ± 0,004 ^H	3,521 ± 0,004 ^{F,I}	4,806 ± 0,002 ^{A,I}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba.

Při posuzování vlivu průměrné teploty na dojnice na různých laktacích byl u všech skupin zaznamenán pokles v množství nádoje u teploty mezi 5,8 °C a 14 °C. Pouze u krav na první laktaci jsme pozorovali průkazně nejvyšší nádoj při teplotě nad 14 °C. Doba dojení nejvíce poklesla u dojníc na 1. laktaci, kdy byl čas dojení při teplotách mezi 5,8 – 14 °C průkazně kratší oproti vyšším laktacím a jiným teplotám. U obsahu tuku byl zaznamenán prudký pokles u krav na všech laktacích. Obsah bílkovin u všech laktací kolísal a na nejnižší hodnotu klesl během teploty 5,8 °C až 14°C. Obsah laktózy velmi ovlivněn nebyl, nicméně u všech laktací mírně kolísal.

Tabulka č. 20 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

Maximální teplota (°C)	Model R - square	Průkaznost model	Efekt fáze laktace	Průkaznost	Efekt maximální teploty f-hodnota	Průkaznost
Nádoj (kg)	0.325	<,0001	19427.7	<,0001	281.99	<,0001
Doba dojení (s)	0.028	<,0001	1630.3	<,0001	69.29	<,0001
Obsah tuku (%)	0.045	<,0001	1045.69	<,0001	2412.67	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.019	<,0001	48.01	<,0001	1472.38	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.009	<,0001	102.49	<,0001	560.38	<,0001

Modelová rovnice pro maximální teplotu byla v případě fází laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vysvětluje proměnlivost od 0,9 % do 32,5 %. S nejvyšší vysvětlovací hodnotou pro parametr nádoje (kg) 32,5 %.

Tabulka č. 21 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů fáze laktace a maximální teploty na sledované parametry užitkovosti dojníc pomocí procedury GLM

Fáze laktace	Maximální teplota (°C)	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
		LSMEAN ± SE				
do 100 dní	pod 9,5 °C	18,749 ± 0,024 ^A	423,329 ± 0,683 ^A	3,913 ± 0,004 ^A	3,547 ± 0,003 ^A	4,805 ± 0,002 ^A
do 100 dní	9,5 °C - 19,6 °C	18,395 ± 0,033 ^B	426,253 ± 0,931 ^B	3,702 ± 0,005 ^B	3,362 ± 0,005 ^B	4,850 ± 0,003 ^B
do 100 dní	nad 19,6 °C	18,546 ± 0,026 ^C	403,957 ± 0,745 ^{D,C}	3,744 ± 0,004 ^C	3,512 ± 0,004 ^C	4,798 ± 0,002 ^{A,C}
od 101 do 200 dní	pod 9,5 °C	17,298 ± 0,026 ^D	404,873 ± 0,746 ^D	3,993 ± 0,004 ^D	3,609 ± 0,004 ^D	4,801 ± 0,002 ^{A,D}
od 101 do 200 dní	9,5 °C - 19,6 °C	17,047 ± 0,037 ^E	394,611 ± 1,045 ^E	3,800 ± 0,006 ^E	3,396 ± 0,005 ^E	4,874 ± 0,003 ^E
od 101 do 200 dní	nad 19,6 °C	17,822 ± 0,029 ^F	397,988 ± 0,832 ^{E,F}	3,709 ± 0,005 ^{B,F}	3,508 ± 0,004 ^{C,F}	4,821 ± 0,002 ^F
od 201 do 300 dní	pod 9,5 °C	14,434 ± 0,030 ^{H,G}	387,329 ± 0,859 ^G	4,067 ± 0,005 ^G	3,586 ± 0,004 ^G	4,813 ± 0,002 ^{A,F,G}
od 201 do 300 dní	9,5 °C - 19,6 °C	14,303 ± 0,038 ^H	376,184 ± 1,086 ^H	3,980 ± 0,006 ^{D,H}	3,348 ± 0,006 ^{B,H}	4,904 ± 0,003 ^H
od 201 do 300 dní	nad 19,6 °C	14,739 ± 0,026 ^I	390,667 ± 0,747 ^{G,E,I}	3,799 ± 0,004 ^{E,I}	3,501 ± 0,004 ^{C,I}	4,829 ± 0,002 ^{F,I}
od 301 dní do konce	pod 9,5 °C	11,781 ± 0,042 ^{K,J}	362,092 ± 1,201 ^J	4,154 ± 0,007 ^J	3,607 ± 0,006 ^{D,G,J}	4,786 ± 0,003 ^{C,J}
od 301 dní do konce	9,5 °C - 19,6 °C	11,823 ± 0,055 ^K	345,800 ± 1,558 ^K	4,079 ± 0,009 ^{G,K}	3,415 ± 0,008 ^{E,K}	4,850 ± 0,004 ^{B,K}
od 301 dní do konce	nad 19,6 °C	12,722 ± 0,040 ^L	375,492 ± 1,138 ^{H,L}	3,858 ± 0,007 ^L	3,529 ± 0,006 ^{A,C,L}	4,808 ± 0,003 ^{A,L}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba.

Fáze laktace měla silnější vliv na nádoj v porovnání s maximální teplotou. Nádoj byl během jednotlivých fází laktace velmi podobný. Krávy na začátku laktace dosáhly průkazně nejvyššího nádoje během maximální teploty 9,5 °C, zatímco krávy na konci laktace dosáhly nejvyššího nádoje při teplotách nad 19,6 °C. Všechny ostatní skupiny měly průkazně nejnižší

množství nádoje při teplotách v rozmezí 9,5 a 19,6 °C. U doby dojení měly všechny skupiny kromě první průkazně nejnižší dobu dojení v rozmezí 9,5 a 19,6 °C. Skupina do 100dní měla nejnižší dobu dojení při teplotách nad 15°C. Obsah tuku byl nejvíce ovlivněn u dojnic mezi 201 a 300 dny laktace a u dojnic od 301 dnů do konce laktace, kde výrazně klesl. U ostatních dvou skupin došlo také k mírné změně v obsahu tuku. Obsah bílkovin u všech skupin kolísal v podobném trendu a nejnižší obsah byl zjištěn při teplotě mezi 9,5 a 19,6 °C.

Tabulka č. 22 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

Maximální teplota (°C)	Model R - square	Průkaznost model	Efekt pořadí laktace	Průkaznost	Efekt maximální teploty f-hodnota	Průkaznost
Nádoj (kg)	0.325	<,0001	14779.8	<,0001	281.99	<,0001
Doba dojení (s)	0.028	<,0001	11.7	<,0001	69.29	<,0001
Obsah tuku (%)	0.045	<,0001	199.95	<,0001	2412.67	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.019	<,0001	86.3	<,0001	1472.38	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.009	<,0001	62.81	<,0001	560.38	<,0001

Modelová rovnice pro maximální teplotu byla v případě pořadí laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vysvětluje proměnlivost od 0,9 % do 32,5 %. Nejvyšší vyvěstlovací hodnotou má hodnota nádoje (kg) 32,5 %.

Tabulka č. 23 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů pořadí laktace a maximální teploty na sledované parametry užítkovosti dojnic pomocí procedury GLM

Pořadí laktace	Maximální teplota (°C)	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
1	pod 9,5 °C	13,256 ± 0,025 ^A	395,557 ± 0,704 ^A	4,013 ± 0,004 ^A	3,566 ± 0,004 ^A	4,805 ± 0,002 ^A
1	9,5 °C - 19,6 °C	13,284 ± 0,034 ^{A,B}	375,297 ± 0,960 ^B	3,876 ± 0,006 ^B	3,363 ± 0,005 ^B	4,875 ± 0,003 ^B
1	nad 19,6 °C	13,884 ± 0,025 ^C	400,307 ± 0,708 ^C	3,690 ± 0,004 ^C	3,501 ± 0,004 ^C	4,819 ± 0,002 ^C
2	pod 9,5 °C	16,156 ± 0,028 ^D	390,387 ± 0,797 ^D	4,017 ± 0,005 ^{A,D}	3,576 ± 0,004 ^{A,D}	4,808 ± 0,002 ^{A,D}
2	9,5 °C - 19,6 °C	16,217 ± 0,037 ^{D,E}	391,223 ± 1,058 ^{D,E}	3,879 ± 0,006 ^{B,E}	3,365 ± 0,005 ^{B,E}	4,882 ± 0,003 ^{B,E}
2	nad 19,6 °C	16,613 ± 0,028 ^F	386,364 ± 0,809 ^F	3,832 ± 0,005 ^F	3,518 ± 0,004 ^{C,F}	4,816 ± 0,002 ^{C,D,F}
3 a vyšší	pod 9,5 °C	17,284 ± 0,025 ^G	397,273 ± 0,701 ^{A,C,G}	4,066 ± 0,004 ^G	3,620 ± 0,004 ^G	4,791 ± 0,002 ^G
3 a vyšší	9,5 °C - 19,6 °C	16,674 ± 0,032 ^{F,H}	390,617 ± 0,915 ^H	3,916 ± 0,005 ^H	3,413 ± 0,005 ^H	4,851 ± 0,003 ^H
3 a vyšší	nad 19,6 °C	17,375 ± 0,024 ^{G,I}	389,406 ± 0,694 ^{D,F,H,I}	3,811 ± 0,004 ^I	3,519 ± 0,004 ^{F,I}	4,808 ± 0,002 ^{G,D,I}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba.

Pořadí laktace mělo silnější vliv na nádoj v porovnání s maximální teplotou. U třetí a vyšší laktace byl průkazně nejvyšší nádoj při teplotě od 9,5 do 19,6°C. Doba dojení u dojnic na první laktaci byla průkazně nejnižší při teplotě od 9,5 do 19,6°C. U dojnic na druhé laktaci a na třetí laktaci byla nejkratší doba dojení u teplot nad 15 °C. Obsah tuku byl i v tomto případě výrazně ovlivněn a prudce klesl u první, druhé i třetí a vyšší laktace. Obsah bílkovin u všech laktací byl průkazně nejnižší při teplotě od 9,5 do 19,6°C. Obsah laktózy nebyl výrazně ovlivněn a nejvyšší hodnoty nabýval mezi 9,5 a 19,6°C.

Tabulka č. 24 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

Průměrná vlhkost (%)	Model R - square	Průkaznost model	Efekt fáze laktace	Průkaznost	Efekt průměrné vlhkosti f-hodnota	Průkaznost
Nádoj (kg)	0.324	<,0001	19257.8	<,0001	295.76	<,0001
Doba dojení (s)	0.029	<,0001	1299.92	<,0001	19.18	<,0001
Obsah tuku (%)	0.028	<,0001	682.16	<,0001	1003.62	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.002	<,0001	47.87	<,0001	2.73	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.002	<,0001	69.83	<,0001	1.14	<,0001

Modelová rovnice pro průměrnou vlhkost byla v případě fází laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vysvětluje proměnlivost od 0,2 % do 32,4 %. S nejvyšší vysvětlovací hodnotou pro parametr nádoje (kg) 32,4 %.

Tabulka č. 25 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů fáze laktace a průměrné vlhkosti na sledované parametry užítkovosti dojnic pomocí procedury GLM

Fáze laktace	Průměrná vlhkost (%)	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
LSMEAN ± SE						
do 100 dní	pod 68,8	18,737 ± 0,333 ^A	403,339 ± 0,950 ^A	3,765 ± 0,006 ^A	3,500 ± 0,005 ^A	4,816 ± 0,003 ^A
do 100 dní	nad 68,8 pod 83,2	18,457 ± 0,023 ^B	414,651 ± 0,653 ^B	3,861 ± 0,004 ^B	3,507 ± 00,003 ^{A,B}	4,807 ± 0,002 ^{A,B}
do 100 dní	nad 83,2	18,704 ± 0,027 ^{A,C}	429,863 ± 0,780 ^C	3,753 ± 0,005 ^{A,C}	3,468 ± 0,004 ^C	4,818 ± 0,002 ^{A,C}
od 101 do 200 dní	pod 68,8	17,980 ± 0,037 ^D	399,843 ± 1,063 ^{A,D}	3,714 ± 0,006 ^D	3,512 ± 0,006 ^{A,D}	4,828 ± 0,003 ^{A,D}
od 101 do 200 dní	nad 68,8 pod 83,2	17,347 ± 0,025 ^E	400,698 ± 0,710 ^{A,D,E}	3,906 ± 0,004 ^E	3,531 ± 0,004 ^{D,E}	4,825 ± 0,002 ^{A,E}
od 101 do 200 dní	nad 83,2	17,175 ± 0,031 ^F	400,143 ± 0,880 ^{A,D,F}	3,863 ± 0,005 ^{B,F}	3,533 ± 0,005 ^{D,F}	4,820 ± 0,002 ^{A,F}
od 201 do 300 dní	pod 68,8	14,917 ± 0,033 ^G	394,372 ± 0,949 ^G	3,776 ± 0,006 ^{A,G}	3,508 ± 0,005 ^{A,G}	4,833 ± 0,003 ^{D,E,G}
od 201 do 300 dní	nad 68,8 pod 83,2	14,348 ± 0,026 ^H	385,591 ± 0,746 ^H	3,983 ± 0,004 ^H	3,495 ± 0,004 ^{A,H}	4,842 ± 0,002 ^{G,H}
od 201 do 300 dní	nad 83,2	14,447 ± 0,034 ^{H,I}	379,752 ± 0,956 ^I	3,993 ± 0,006 ^{H,I}	3,490 ± 0,005 ^{A,I}	4,840 ± 0,003 ^{D,H,I}
od 301 dní do konce	pod 68,8	12,790 ± 0,052 ^J	381,193 ± 1,479 ^{H,I,J}	3,833 ± 0,009 ^{B,J}	3,530 ± 0,008 ^{A,E,J}	4,815 ± 0,004 ^{A,J}
od 301 dní do konce	nad 68,8 pod 83,2	12,060 ± 0,038 ^K	363,379 ± 1,083 ^K	4,053 ± 0,006 ^K	3,529 ± 0,006 ^{D,E,K}	4,811 ± 0,003 ^{A,K}
od 301 dní do konce	nad 83,2	11,853 ± 0,047 ^L	351,135 ± 1,327 ^L	4,106 ± 0,008 ^L	3,541 ± 0,007 ^{D,L}	4,801 ± 0,004 ^{A,L}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba.

Při hodnocení vlivu průměrné vlhkosti na množství nádoje byl zjištěn průkazně největší pokles u dojnic ve fázi mezi 101 a 200 dny a dojnicemi ve fázi mezi 301 dny a koncem laktace. U ostatních skupin byla průkazně nejnižší hodnota zaznamenána při vlhkosti mezi 68,8 a 83,2 %. Doba dojení měla klesající tendenci u dojnic mezi 201 a 300 dny a 301 dny do konce laktace. Naopak u dojnic během prvních 100dní docházelo ke zvýšení doby dojení. A u dojnic ve fázi 101 – 200 dní se doba dojení téměř nezměnila. Obsah tuku dosáhl průkazně nejvyšší hodnoty při vlhkosti 68,8 – 83,2 % u všech fází kromě krav od 301 dní do konce laktace, kde obsah tuku stoupal se stoupající vlhkostí. Obsah bílkovin stoupal u dojnic ve fázi 101 – 200 dní a klesal u dojnic ve fázi 201 – 300 dní v laktaci, u ostatních fází kolísal. Obsah laktózy průkazně klesal u dojnic ve fázi 101 a 200 dní a ve fázi 301dní do konce laktace.

Tabulka č. 26 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

Průměrná vlhkost (%)	Model R - square	Průkaznost model	Efekt pořadí laktace	Průkaznost	Efekt průměrné vlhkosti f-hodnota	Průkaznost
Nádoj (kg)	0.324	<,0001	14977.9	<,0001	295.76	<,0001
Doba dojení (s)	0.029	<,0001	31.7	<,0001	19.18	<,0001
Obsah tuku (%)	0.028	<,0001	246.74	<,0001	1003.62	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.002	<,0001	60.02	<,0001	2.73	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.002	<,0001	39.49	<,0001	1.14	<,0001

Modelová rovnice pro průměrnou vlhkost byla v případě pořadí laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vysvětluje proměnlivost od 0,2 % do 32,4 %. S nejvyšší vysvětlovací hodnotou pro parametr nádoje (kg) 32,4 %.

Tabulka č. 27 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů pořadí laktace a průměrné vlhkosti na sledované parametry užítkovosti dojníc pomocí procedury GLM

Pořadí laktace	Průměrná vlhkost (%)	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
1	pod 68,8	14,037 ± 0,032 ^A	406,410 ± 0,900 ^A	3,675 ± 0,005 ^A	3,506 ± 0,005 ^A	4,825 ± 0,003 ^A
1	nad 68,8 pod 83,2	13,395 ± 0,023 ^B	394,337 ± 0,654 ^B	3,905 ± 0,004 ^B	3,501 ± 0,003 ^{A,B}	4,828 ± 0,002 ^{A,B}
1	nad 83,2	13,265 ± 0,028 ^C	380,809 ± 0,807 ^C	3,930 ± 0,005 ^C	3,486 ± 0,004 ^{A,C}	4,821 ± 0,002 ^{A,C}
2	pod 68,8	16,700 ± 0,036 ^D	386,908 ± 1,034 ^D	3,825 ± 0,006 ^D	3,517 ± 0,005 ^{A,D}	4,825 ± 0,003 ^{A,D}
2	nad 68,8 pod 83,2	16,197 ± 0,026 ^E	388,922 ± 0,736 ^{D,E}	3,966 ± 0,004 ^E	3,512 ± 0,004 ^{A,E}	4,826 ± 0,002 ^{A,E}
2	nad 83,2	16,298 ± 0,032 ^{E,F}	390,712 ± 0,905 ^{D,F}	3,906 ± 0,005 ^{B,F}	3,490 ± 0,005 ^{A,F}	4,831 ± 0,003 ^{A,F}
3 a vyšší	pod 68,8	17,581 ± 0,031 ^G	390,743 ± 0,895 ^{D,G}	3,816 ± 0,005 ^{D,G}	3,515 ± 0,005 ^{A,G}	4,819 ± 0,003 ^{A,G}
3 a vyšší	nad 68,8 pod 83,2	17,067 ± 0,022 ^H	389,979 ± 0,637 ^{D,H}	3,981 ± 0,004 ^{E,H}	3,534 ± 0,003 ^{D,H}	4,810 ± 0,002 ^{G,H}
3 a vyšší	nad 83,2	17,071 ± 0,028 ^{H,I}	399,148 ± 0,787 ^I	3,950 ± 0,005 ^{C,E,I}	3,547 ± 0,004 ^{H,I}	4,808 ± 0,002 ^{H,I}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba.

Průměrná vlhkosti měla v porovnání s jednotlivými laktacemi největší vliv na nádoj na krávy na první laktaci, kde prudce klesl, u krav na druhé laktaci klesl a následně opět stoupl u vlhkosti nad 83,2 %. U krav na třetí a vyšší laktaci klesl a zvýšil se jen nepatrně. Nejvyšší množství nádoje bylo průkazně u dojníc na třetí a vyšší laktaci při vlhkosti pod 68,8%. Doba dojení u krav na první laktaci průkazně klesla, naopak u krav na druhé laktaci stoupla a u krav na třetí a vyšší laktaci nepatrně klesla a poté stoupla. Průkazně nejvyšší doba dojení byla u dojníc na první laktaci při vlhkosti pod 68,8 %. Obsah tuku se u krav na první laktaci průkazně zvýšil, u krav na druhé, třetí a vyšší laktaci obsah tuku stoupl a poté opět klesl. Průkazně nejvyšší obsah tuku byl u třetí a vyšší laktace u vlhkosti nad 83,2 %, stejně jako obsah bílkovin. Obsah bílkovin měl u krav na první laktaci klesající trend, stejně jako u krav na druhé laktaci. Dojnice na třetí a vyšší laktaci měly naopak v obsahu bílkovin trend stoupající. Obsah laktózy se změnil pouze nepatrně a to především u dojníc na třetí a vyšší laktaci, kde byl obsah klesající. Obsah laktózy byl průkazně nejvyšší u krav na druhé laktaci při vlhkosti nad 83,2 %.

Tabulka č. 28 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

Sluneční svit (hod)	Model R - square	Průkaznost model	Efekt fáze laktace	Průkaznost	Efekt slunečního svitu f-hodnota	Průkaznost
Nádoj (kg)	0.323	<,0001	18258.4	<,0001	22.43	<,0001
doba dojení (s)	0.024	<,0001	1299.92	<,0001	4.38	<,0001
Obsah tuku (%)	0.018	<,0001	652.49	<,0001	385.66	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.004	<,0001	42.27	<,0001	211.57	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.003	<,0001	77.65	<,0001	117.56	<,0001

Modelová rovnice pro sluneční svit byla v případě fází laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vysvětluje proměnlivost od 0,3 % do 32,3 %. S nejvyšší vysvětlovací hodnotou pro parametr nádoje (kg) 32,3 %.

Tabulka č. 29 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů fáze laktace a slunečního svitu na sledované parametry užitkovosti dojníc pomocí procedury GLM

Fáze laktace	Sluneční svit (hod)	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
		LSMEAN ± SE				
do 100 dní	pod 2,1	18,733 ± 0,023 ^A	422,629 ± 0,645 ^A	3,829 ± 0,004 ^A	3,502 ± 0,003 ^A	4,814 ± 0,002 ^A
do 100 dní	nad 2,1 pod 6,4	18,565 ± 0,034 ^B	421,495 ± 0,980 ^{A,B}	3,755 ± 0,006 ^B	3,430 ± 0,005 ^B	4,836 ± 0,003 ^B
do 100 dní	pod 6,4	18,416 ± 0,028 ^C	405,873 ± 0,789 ^C	3,807 ± 0,005 ^C	3,523 ± 0,004 ^C	4,795 ± 0,002 ^C
od 101 do 200 dní	pod 2,1	17,345 ± 0,025 ^D	402,277 ± 0,712 ^D	3,904 ± 0,004 ^D	3,552 ± 0,004 ^D	4,816 ± 0,002 ^{A,D}
od 101 do 200 dní	nad 2,1 pod 6,4	17,357 ± 0,039 ^E	396,894 ± 1,103 ^E	3,805 ± 0,006 ^{A,C,E}	3,477 ± 0,006 ^E	4,847 ± 0,003 ^{B,E}
od 101 do 200 dní	pod 6,4	17,598 ± 0,030 ^F	399,262 ± 0,868 ^{D,E,F}	3,807 ± 0,005 ^{C,F}	3,523 ± 0,004 ^{C,F}	4,822 ± 0,002 ^{A,F}
od 201 do 300 dní	pod 2,1	14,473 ± 0,027 ^G	385,185 ± 0,779 ^G	3,991 ± 0,005 ^G	3,517 ± 0,004 ^{A,C,G}	4,835 ± 0,002 ^{B,G}
od 201 do 300 dní	nad 2,1 pod 6,4	14,645 ± 0,039 ^H	386,440 ± 1,100 ^{G,H}	3,896 ± 0,006 ^{D,H}	3,448 ± 0,006 ^{B,H}	4,860 ± 0,003 ^{E,H}
od 201 do 300 dní	pod 6,4	14,545 ± 0,029 ^{G,H,I}	388,163 ± 0,819 ^{G,I}	3,877 ± 0,005 ^{H,I}	3,502 ± 0,004 ^{A,I}	4,833 ± 0,002 ^{B,I}
od 301 dní do konce	pod 2,1	11,916 ± 0,039 ^J	359,830 ± 1,101 ^J	4,081 ± 0,006 ^J	3,560 ± 0,006 ^{D,J}	4,801 ± 0,003 ^{C,J}
od 301 dní do konce	nad 2,1 pod 6,4	12,205 ± 0,057 ^K	364,983 ± 1,617 ^{J,K}	3,987 ± 0,010 ^{G,K}	3,469 ± 0,008 ^{E,H,K}	4,837 ± 0,005 ^{B,F,K}
od 301 dní do konce	pod 6,4	12,502 ± 0,043 ^L	369,629 ± 1,239 ^{K,L}	3,944 ± 0,007 ^L	3,538 ± 0,006 ^{C,D,L}	4,804 ± 0,003 ^{A,C,L}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba.

Sluneční svit působil na nádoj u dojníc do 100 dní laktace klesajícím trendem. Na dojnice od 101 do 200 dní laktace a od 301 dní do konce laktace stoupajícím trendem. U dojníc mezi 201 a 300 dny množství nádoje kolísalo a průkazně nejvyšší hodnoty dosáhlo, když bylo množství slunečního svitu mezi 2,1 a 6,4 hodinami. Doba dojení u dojníc do 100 dní klesala, a u dojníc 201 – 300 dní a 301 dní do konce laktace naopak stoupala. U dojníc mezi 101 a 200 dny doba kolísala a průkazně nejnižší byla, když bylo množství slunečního svitu mezi 2,1 a 6,4 hodinami. Obsah tuku dosáhl u prvních dvou průkazně nejnižší hodnoty při úhrnu slunečního svitu 2,1 – 6,4 hodin. Naopak u dalších dvou kategorií byl trend klesající. Obsah bílkovin průkazně nejnižší úroveň dosáhl při úhrnu slunečního svitu 2,1 – 6,4 hodin. Obsah laktózy u všech fází laktace kolísalo a nejvyšší úroveň průkazně dosáhl při úhrnu slunečního svitu 2,1 – 6,4 hodin.

Tabulka č. 30 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

Sluneční svit (hod)	Model R - square	Průkaznost model	Efekt pořadí laktace	Průkaznost	Efekt slunečního svitu f-hodnota	Průkaznost
Nádoj (kg)	0.323	<,0001	14244.1	<,0001	22.43	<,0001
Doba dojení (s)	0.024	<,0001	20.03	<,0001	4.38	<,0001
Obsah tuku (%)	0.018	<,0001	226.23	<,0001	385.66	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.004	<,0001	60.5	<,0001	211.57	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.003	<,0001	43.9	<,0001	117.56	<,0001

Modelová rovnice pro sluneční svit byla v případě pořadí laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vysvětluje proměnlivost od 0,3 % do 32,3 %. S nejvyšší vysvětlovací hodnotou pro parametr nádoje (kg) 32,3 %.

Tabulka č. 31 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů pořadí laktace a slunečního svitu na sledované parametry užitkovosti dojnic pomocí procedury GLM

Pořadí laktace	Sluneční svit (hod)	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
1	pod 2,1	13,349 ± 0,023 ^A	390,939 ± 0,659 ^A	3,931 ± 0,004 ^A	3,516 ± 0,003 ^A	4,818 ± 0,002 ^A
1	nad 2,1 pod 6,4	13,541 ± 0,035 ^B	390,828 ± 0,987 ^{A,B}	3,820 ± 0,006 ^B	3,442 ± 0,005 ^B	4,848 ± 0,003 ^B
1	pod 6,4	13,703 ± 0,027 ^C	398,167 ± 0,761 ^C	3,783 ± 0,004 ^C	3,507 ± 0,004 ^{A,C}	4,821 ± 0,002 ^{A,C}
2	pod 2,1	16,303 ± 0,026 ^D	390,588 ± 0,743 ^{A,D}	3,942 ± 0,004 ^{A,D}	3,518 ± 0,004 ^{A,D}	4,826 ± 0,002 ^{A,D}
2	nad 2,1 pod 6,4	16,444 ± 0,039 ^{D,E}	391,386 ± 1,107 ^{A,E}	3,873 ± 0,007 ^E	3,447 ± 0,006 ^{B,E}	4,852 ± 0,003 ^{B,E}
2	pod 6,4	16,350 ± 0,030 ^{D,F}	386,000 ± 0,863 ^F	3,901 ± 0,005 ^F	3,529 ± 0,004 ^{A,F}	4,815 ± 0,002 ^{A,F}
3 a vyšší	pod 2,1	17,198 ± 0,023 ^G	395,913 ± 0,648 ^{C,G}	3,980 ± 0,004 ^G	3,564 ± 0,003 ^G	4,805 ± 0,002 ^G
3 a vyšší	nad 2,1 pod 6,4	17,094 ± 0,033 ^{G,H}	395,145 ± 0,957 ^{C,E,H}	3,890 ± 0,006 ^{E,F,H}	3,478 ± 0,005 ^H	4,835 ± 0,003 ^{D,H}
3 a vyšší	pod 6,4	17,240 ± 0,026 ^{G,I}	388,029 ± 0,744 ^{A,F,I}	3,893 ± 0,004 ^{E,I}	3,529 ± 0,004 ^{A,I}	4,806 ± 0,002 ^{F,G,I}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba.

Množství nádoje bylo ovlivněno slunečním svitem u první laktace tak, že došlo ke klesajícímu trendu. U dojnic na druhé laktaci došlo ke kolísání a průkazně nejvyšší hodnota byla dosažena při úhrnu slunečního svitu 2,1 – 6,4 hodin. U krav na třetí a vyšší laktaci došlo také ke kolísání a průkazně nejnižší hodnota byla zjištěna při úhrnu slunečního svitu 2,1 – 6,4 hodin. Doba dojení byla ovlivněna pouze nepatrně. Obsah tuku u krav na první laktaci klesal, u krav na druhé laktaci kolísal s průkazně nejvyšším obsahem mezi 2,1 a 6,4 hodinami

slunečního svitu a u krav na třetí a vyšší laktaci došlo ke kolísání a průkazně nejnižší obsah tuku byl zjištěn mezi 2,1 a 6,4 hodinami slunečního svitu. Obsah bílkovin při zvyšování úhrnu slunečního svitu u všech kategorií kolísal a průkazně nejnižší úroveň dosáhl při úhrnu 2,1 – 6,4 hodi. Obsah laktózy taktéž kolísal a nejvyšší hodnoty dosáhl při dosažení úhrnu slunečního svitu 2,1 – 6,4 hodin.

Tabulka č. 32 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

Průměrná vlhkost mikroklimatu (%)	Model R - square	Průkaznost model	Efekt fáze laktace	Průkaznost	Efekt průměrné vlhkosti mikroklimatu f - hodnota	Průkaznost
Nádoj (kg)	0.324	<,0001	19870	<,0001	222.04	<,0001
doba dojení (s)	0.033	<,0001	1248.29	<,0001	22.65	<,0001
Obsah tuku (%)	0.029	<,0001	592.13	<,0001	648.68	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.004	<,0001	46.86	<,0001	184.74	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.003	<,0001	79.79	<,0001	35.81	<,0001

Modelová rovnice pro průměrnou vlhkost mikroklimatu byla v případě fází laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vysvětluje proměnlivost od 0,3 % do 32,4 %. S nejvyšší vysvětlovací hodnotou pro parametr nádoje (kg) 32,4 %.

Tabulka č. 33 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů fáze laktace a průměrné vlhkosti mikroklimatu na sledované parametry užitkovosti dojníc pomocí procedury GLM

Fáze laktace	Průměrná vlhkost mikroklimatu (%)	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
LSMEAN ± SE						
do 100 dní	pod 72,06	18,700 ± 0,032 ^A	398,482 ± 0,924 ^A	3,855 ± 0,005 ^A	3,545 ± 0,005 ^A	4,802 ± 0,003 ^A
do 100 dní	nad 72,06 pod 80,68	18,434 ± 0,025 ^B	413,644 ± 0,698 ^B	3,881 ± 0,004 ^B	3,512 ± 0,004 ^B	4,809 ± 0,002 ^{A,B}
do 100 dní	nad 80,68	18,713 ± 0,026 ^{A,C}	432,099 ± 0,726 ^C	3,692 ± 0,004 ^C	3,441 ± 0,004 ^C	4,823 ± 0,002 ^C
od 101 do 200 dní	pod 72,06	17,922 ± 0,036 ^D	399,596 ± 1,014 ^{A,D}	3,798 ± 0,006 ^D	3,554 ± 0,005 ^{A,C}	4,814 ± 0,003 ^{A,C,D}
od 101 do 200 dní	nad 72,06 pod 80,68	17,343 ± 0,027 ^E	402,727 ± 0,756 ^{D,E}	3,922 ± 0,004 ^E	3,535 ± 0,004 ^{A,E}	4,826 ± 0,002 ^{C,E}
od 101 do 200 dní	nad 80,68	17,195 ± 0,029 ^F	398,302 ± 0,830 ^{D,F}	3,801 ± 0,005 ^{D,F}	3,502 ± 0,004 ^{B,F}	4,829 ± 0,002 ^{C,F}
od 201 do 300 dní	pod 72,06	14,783 ± 0,033 ^G	395,345 ± 0,925 ^{A,F,G}	3,810 ± 0,005 ^{D,G}	3,537 ± 0,005 ^{A,G}	4,821 ± 0,003 ^{C,G}
od 201 do 300 dní	nad 72,06 pod 80,68	14,360 ± 0,028 ^H	386,461 ± 0,807 ^H	3,999 ± 0,005 ^H	3,501 ± 0,004 ^{B,H}	4,843 ± 0,002 ^H
od 201 do 300 dní	nad 80,68	14,513 ± 0,031 ^I	378,184 ± 0,872 ^I	3,951 ± 0,005 ^I	3,458 ± 0,005 ^{C,I}	4,851 ± 0,002 ^{H,I}
od 301 dní do konce	pod 72,06	12,734 ± 0,051 ^J	385,173 ± 1,445 ^{H,J}	3,855 ± 0,008 ^{A,B,J}	3,559 ± 0,008 ^{A,J}	4,808 ± 0,004 ^{A,C,J}
od 301 dní do konce	nad 72,06 pod 80,68	12,021 ± 0,041 ^K	361,917 ± 1,167 ^K	4,079 ± 0,007 ^K	3,534 ± 0,006 ^{A,K}	4,807 ± 0,003 ^{A,K}
od 301 dní do konce	nad 80,68	11,947 ± 0,043 ^{K,L}	350,824 ± 1,220 ^L	4,061 ± 0,007 ^{K,L}	3,513 ± 0,006 ^{E,F,L}	4,812 ± 0,003 ^{A,C,L}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba.

Průměrná vlhkost mikroklimatu byla ovlivněna výrazněji fází laktace, než průměrnou vlhkostí. U krav ve fázi do 100dní bylo způsobeno kolísání a průkazně nejnižší hodnoty bylo dosaženo při vlhkosti 72,06 – 80,68, stejně jako u dojnic mezi 201 a 300 dny. U krav mezi 101 a 200 dny v laktaci proběhl pokles nádoje, stejně jako u dojnic od 301 dní do konce laktace. U doby dojení u krav do 100dní laktace došlo k prudkému zvýšení. U dojnic mezi 101 a 200dny ke kolísání s průkazně nejvyšší hodnotou u vlhkosti 72,06 – 80,68 %. U dojnic mezi 201 a 300 dny došlo k poklesu doby dojení, stejně jako u dojnic, které byly ve fázi od 301 dní do konce laktace. Obsah tuku u skupiny krav do 100 dní laktace kolísal s průkazně nejnižší hodnotou u vlhkosti 72,06 – 80,68, u ostatních fází laktace byla naopak v tuto dobu dosažena nejvyšší hodnota. Obsah bílkovin se u krav do 100dní laktace snižoval, stejně u krav od 101 do 200 dní laktace, u krav od 201 do 300dní laktace i u krav od 301 dní do konce laktace. Obsah laktózy stoupal u všech kategorií dojnic kromě skupiny od 301 dní do konce laktace, kde obsah kolísal a průkazně nejnižšího bodu dosáhl mezi 72,06 a 80,71 % vlhkosti

Tabulka č. 34 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

Průměrná vlhkost mikroklimatu (%)	Model R - square	Průkaznost model	Efekt pořadí laktace	Průkaznost	Efekt průměrné vlhkosti mikroklimatu f - hodnota	Průkaznost
Nádoj (kg)	0.324	<,0001	15493.9	<,0001	222.04	<,0001
Doba dojení (s)	0.033	<,0001	41.19	<,0001	22.65	<,0001
Obsah tuku (%)	0.029	<,0001	278.38	<,0001	648.68	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.004	<,0001	59.02	<,0001	184.74	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.003	<,0001	40.58	<,0001	35.81	<,0001

Modelová rovnice pro průměrnou vlhkost mikroklimatu byla v případě pořadí laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vysvětluje proměnlivost od 0,3 % do 32,4 %. S nejvyšší vysvětlovací hodnotou pro parametr nádoje (kg) 32,4 %.

Tabulka č. 35 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů pořadí laktace a průměrné vlhkosti mikroklimatu na sledované parametry užítkovosti dojníc pomocí procedury GLM

Pořadí laktace	Průměrná vlhkost mikroklimatu (%)	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
1	pod 72,06	13,972 ± 0,031 ^A	410,583 ± 0,871 ^A	3,725 ± 0,005 ^A	3,541 ± 0,005 ^A	4,814 ± 0,002 ^A
1	nad 72,06 pod 80,68	13,362 ± 0,025 ^B	394,546 ± 0,701 ^B	3,929 ± 0,004 ^B	3,504 ± 0,004 ^B	4,829 ± 0,002 ^B
1	nad 80,68	13,342 ± 0,026 ^{B,C}	378,610 ± 0,705 ^C	3,875 ± 0,004 ^C	3,459 ± 0,004 ^C	4,829 ± 0,002 ^{B,C}
2	pod 72,06	16,570 ± 0,035 ^D	385,678 ± 1,005 ^D	3,886 ± 0,006 ^{C,D}	3,555 ± 0,005 ^{A,D}	4,812 ± 0,003 ^{A,D}
2	nad 72,06 pod 80,68	16,163 ± 0,028 ^E	388,559 ± 0,788 ^{D,E}	3,984 ± 0,005 ^E	3,517 ± 0,004 ^{B,E}	4,826 ± 0,002 ^{B,E}
2	nad 80,68	16,399 ± 0,029 ^F	391,543 ± 0,838 ^{B,E,F}	3,858 ± 0,005 ^{C,F}	3,462 ± 0,004 ^{C,F}	4,840 ± 0,002 ^F
3 a vyšší	pod 72,06	17,562 ± 0,031 ^G	387,686 ± 0,868 ^{D,G}	3,878 ± 0,005 ^{C,G}	3,550 ± 0,005 ^{A,G}	4,808 ± 0,002 ^{A,G}
3 a vyšší	nad 72,06 pod 80,68	17,094 ± 0,024 ^H	390,457 ± 0,684 ^{E,G,H}	3,999 ± 0,004 ^{E,H}	3,541 ± 0,004 ^{D,G,H}	4,809 ± 0,002 ^{A,H}
3 a vyšší	nad 80,68	17,036 ± 0,026 ^{H,I}	399,403 ± 0,727 ^I	3,895 ± 0,004 ^{C,D,I}	3,514 ± 0,004 ^{B,I}	4,816 ± 0,002 ^{A,E,I}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba.

Průměrná vlhkost mikroklimatu ovlivnila nádoj u krav na první laktaci klesající tendencí. Nádoj krav na druhé laktaci kolísal, stejně jako nádoj krav na třetí a vyšší laktaci a průkazně nejnižších hodnot bylo dosaženo během vlhkosti 72,06 – 80,68 %. Doba dojení se u krav na první laktaci snižovala se stoupající vlhkostí, naopak u krav na druhé laktaci stoupala, stejně jako u krav na třetí a vyšší laktaci. Obsah tuku kolísal a u všech kategorií dosáhl průkazně nejvyšší hodnoty u vlhkosti 72,06 – 80,89 %. Obsah bílkovin u všech kategorií laktací plynule klesal s průkazně nejvyšší hodnotou u druhé laktace při vlhkosti do 72,06%. Obsah laktózy se u všech laktací zvyšoval se zvýšením průměrné vlhkosti mikroklimatu.

Tabulka č. 36 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

Maximální teplota mikroklimatu (°C)	Model R - square	Průkaznost model	Efekt fáze laktace	Průkaznost t	Efekt maximální teploty mikroklimatu f - hodnota	Průkaznost t
Nádoj (kg)	0.325	<,0001	20366	<,0001	287.54	<,0001
Doba dojení (s)	0.029	<,0001	1653.34	<,0001	56.28	<,0001
Obsah tuku (%)	0.051	<,0001	1054.3	<,0001	2837.1	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.014	<,0001	50.38	<,0001	993.28	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.006	<,0001	96.79	<,0001	289.68	<,0001

Modelová rovnice pro maximální teplotu mikroklimatu byla v případě fází laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vysvětluje proměnlivost od 0,6 % do 32,5 %. S nejvyšší vysvětlovací hodnotou pro parametr nádoje (kg) 32,5 %.

Tabulka č. 37 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů fáze laktace a maximální teploty mikroklimatu na sledované parametry užitkovosti dojnic pomocí procedury GLM

Fáze laktace	Maximální teplota mikroklimatu (°C)	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
do 100 dní	pod 13,1	18,674 ± 0,025 ^A	422,251 ± 0,708 ^A	3,940 ± 0,004 ^A	3,543 ± 0,004 ^A	4,808 ± 0,002 ^A
do 100 dní	nad 13,1 pod 20,9	18,524 ± 0,030 ^B	427,771 ± 0,863 ^B	3,681 ± 0,005 ^B	3,390 ± 0,004 ^B	4,837 ± 0,002 ^B
do 100 dní	nad 20,9	18,563 ± 0,026 ^{A,B,C}	403,198 ± 0,754 ^C	3,747 ± 0,004 ^C	3,514 ± 0,004 ^C	4,798 ± 0,002 ^C
od 101 do 200 dní	pod 13,1	17,200 ± 0,027 ^D	403,745 ± 0,769 ^{C,D}	4,017 ± 0,004 ^D	3,600 ± 0,004 ^D	4,807 ± 0,002 ^{A,C,D}
od 101 do 200 dní	nad 13,1 pod 20,10	17,231 ± 0,034 ^{D,E}	397,625 ± 0,973 ^E	3,777 ± 0,006 ^E	3,431 ± 0,005 ^E	4,857 ± 0,003 ^E
od 101 do 200 dní	nad 20,9	17,847 ± 0,030 ^F	398,016 ± 0,842 ^{E,F}	3,710 ± 0,005 ^F	3,511 ± 0,004 ^{C,F}	4,820 ± 0,002 ^F
od 201 do 300 dní	pod 13,1	14,3754 ± 0,031 ^G	389,056 ± 0,888 ^G	4,090 ± 0,005 ^G	3,572 ± 0,005 ^G	4,821 ± 0,002 ^{F,G}
od 201 do 300 dní	nad 13,1 pod 20,9	14,347 ± 0,036 ^{G,H}	374,601 ± 1,013 ^H	3,959 ± 0,006 ^{A,H}	3,390 ± 0,005 ^{B,H}	4,883 ± 0,003 ^H
od 201 do 300 dní	nad 20,9	14,762 ± 0,026 ^I	391,097 ± 0,754 ^{E,I}	3,795 ± 0,004 ^{E,I}	3,503 ± 0,004 ^{C,I}	4,828 ± 0,002 ^{B,F,I}
od 301 dní do konce	pod 13,1	11,758 ± 0,044 ^J	362,297 ± 1,249 ^J	4,173 ± 0,007 ^J	3,601 ± 0,006 ^{D,J}	4,791 ± 0,004 ^{C,J}
od 301 dní do konce	nad 13,1 pod 20,9	11,855 ± 0,050 ^{J,K}	347,181 ± 1,438 ^K	4,061 ± 0,008 ^{G,K}	3,445 ± 0,007 ^{E,K}	4,834 ± 0,004 ^{B,G,K}
od 301 dní do konce	nad 20,9	12,738 ± 0,040 ^L	376,309 ± 1,152 ^{H,L}	3,852 ± 0,007 ^L	3,531 ± 0,006 ^{A,C,L}	4,808 ± 0,003 ^{A,F,L}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba.

Maximální teplota mikroklimatu ovlivnila nádoj u dojnic během prvních 100 dní laktace kolísavým způsobem, přičemž průkazně nejnižší hodnoty bylo dosaženo při teplotě 13,1 – 20,9 °C, stejně jako u dojnic od 201 do 300 dne laktace. U kategorie dojnic od 101 do 200 dní nádoj plynule stoupal, stejně tak i u dojnic od 300 dní do konce laktace. Doba dojení u všech kategorií dojnic kolísala a průkazně nejnižšího bodu dosáhla při teplotě 13,1 – 20,9 °C. U obsahu tuku došlo ke kolísání stejným způsobem. Nejvyšší hodnoty dosáhl u dojnic na konci laktace u teploty do 13,1 °C. Obsah laktózy u všech kategorií kolísal opačným trendem a při teplotách 13,1 – 20,9 °C bylo dosaženo průkazně nejvyšších hodnot.

Tabulka č. 38 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

Maximální teplota mikroklimatu (°C)	Model R - square	Průkaznost model	Efekt pořadí laktace	Průkaznost	Efekt maximální teploty mikroklimatu f - hodnota	Průkaznost
Nádoj (kg)	0.325	<,0001	15634.1	<,0001	287.54	<,0001
Doba dojení (s)	0.029	<,0001	16.52	<,0001	56.28	<,0001
Obsah tuku (%)	0.051	<,0001	212.7	<,0001	2837.1	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.014	<,0001	83.59	<,0001	993.28	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.006	<,0001	56.59	<,0001	289.68	<,0001

Modelová rovnice pro maximální teplotu mikroklimatu byla v případě pořadí laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vysvětluje proměnlivost od 0,6 % do 32,5 %. S nejvyšší vysvětlovací hodnotou pro parametr nádoje (kg) 32,5 %.

Tabulka č. 39 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů pořadí laktace a maximální teploty mikroklimatu na sledované parametry užítkovosti dojníc pomocí procedury GLM

Pořadí laktace	Maximální teplota mikroklimatu (°C)	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
LSMEAN ± SE						
1	pod 13,1	13,237 ± 0,026 ^A	396,074 ± 0,730 ^A	4,034 ± 0,004 ^A	3,560 ± 0,004 ^A	4,810 ± 0,002 ^A
1	nad 13,1 pod 20,9	13,303 ± 0,031 ^{A,B}	376,429 ± 0,887 ^B	3,858 ± 0,005 ^B	3,394 ± 0,005 ^B	4,860 ± 0,002 ^B
1	nad 20,9	13,902 ± 0,025 ^C	401,084 ± 0,716 ^C	3,686 ± 0,004 ^C	3,504 ± 0,004 ^C	4,818 ± 0,002 ^{A,C}
2	pod 13,2	16,110 ± 0,029 ^D	391,126 ± 0,826 ^D	4,044 ± 0,005 ^{A,D}	3,567 ± 0,004 ^{A,D}	4,815 ± 0,002 ^{A,D}
2	nad 13,1 pod 20,9	16,264 ± 0,034 ^E	390,277 ± 0,981 ^{D,E}	3,853 ± 0,006 ^{B,E}	3,400 ± 0,005 ^{B,E}	4,862 ± 0,003 ^{B,E}
2	nad 20,9	16,631 ± 0,029 ^F	386,106 ± 0,818 ^F	3,832 ± 0,005 ^{E,F}	3,521 ± 0,004 ^{C,F}	4,816 ± 0,002 ^{A,F}
3 a vyšší	pod 13,1	17,158 ± 0,025 ^G	395,813 ± 0,723 ^{A,G}	4,087 ± 0,004 ^G	3,610 ± 0,004 ^G	4,796 ± 0,002 ^G
3 a vyšší	nad 13,1 pod 20,9	16,900 ± 0,030 ^H	393,679 ± 0,855 ^{A,E,H}	3,897 ± 0,005 ^H	3,447 ± 0,004 ^H	4,837 ± 0,002 ^H
3 a vyšší	nad 20,9	17,400 ± 0,025 ^I	389,275 ± 0,702 ^{E,F,I}	3,811 ± 0,004 ^I	3,521 ± 0,004 ^{F,I}	4,808 ± 0,002 ^{A,I}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba.

Maximální teplota mikroklimatu měla na nádoj slabší vliv než pořadí laktace. Nádoj u dojníc na první a druhé laktaci plynule stoupal, zatímco u krav na třetí a vyšší laktaci kolísala s dosažením průkazně nejnižší hodnoty mezi teplotami 13,1 – 20,9 °C. Doba dojení u dojníc na první laktaci kolísala a průkazně nejnižší hodnoty dosáhla při teplotách mezi 13,1 – 20,9 °C. U dojníc na druhé a třetí a vyšší laktaci doba dojení klesala. Obsah tuku u všech kategorií klesal, s nejvyšší hodnotou u třetí a vyšší laktace při teplotě do 13,1 °C. Obsah bílkovin u

všech kategorií kolísal a minimu dosáhl průkazně u teplot mezi 13,1 – 20,9 °C. Obsah laktózy opět kolísal, ovšem opačným směrem.

Tabulka č. 40 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

Průměrná teplota mikroklimatu (°C)	Model R - square	Průkaznost model	Efekt fáze laktace	Průkaznost t	Efekt průměrné teploty mikroklimatu f - hodnota	Průkaznost t
Nádoj (kg)	0.325	<,0001	20423.2	<,0001	317.89	<,0001
Doba dojení (s)	0.031	<,0001	1703.54	<,0001	98.18	<,0001
Obsah tuku (%)	0.055	<,0001	1093.45	<,0001	3053.87	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.015	<,0001	51.06	<,0001	1103.97	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.006	<,0001	99.12	<,0001	336.75	<,0001

Modelová rovnice pro průměrnou teplotu mikroklimatu byla v případě fází laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vysvětluje proměnlivost od 0,6 % do 32,5 %. S nejvyšší vysvětlovací hodnotou pro parametr nádoje (kg) 32,5 %.

Tabulka č. 41 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů fáze laktace a průměrné teploty mikroklimatu na sledované parametry užitkovosti dojnic pomocí procedury GLM

Fáze laktace	Průměrná teplota mikroklimatu (°C)	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
do 100 dní	pod 9,9	18,683 ± 0,025 ^A	421,790 ± 0,719 ^A	3,957 ± 0,004 ^A	3,547 ± 0,004 ^A	4,809 ± 0,002 ^A
do 100 dní	nad 9,9 pod 16,4	18,501 ± 0,030 ^B	428,818 ± 0,853 ^B	3,663 ± 0,005 ^B	3,382 ± 0,004 ^B	4,839 ± 0,002 ^B
do 100 dní	nad 16,4	18,575 ± 0,026 ^{A,B,C}	403,131 ± 0,745 ^C	3,750 ± 0,004 ^C	3,518 ± 0,004 ^C	4,795 ± 0,002 ^C
od 101 do 200 dní	pod 9,9	17,211 ± 0,027 ^D	403,798 ± 0,778 ^{C,D}	4,030 ± 0,004 ^D	3,605 ± 0,004 ^D	4,807 ± 0,002 ^{A,D}
od 101 do 200 dní	nad 9,9 pod 16,4	17,171 ± 0,034 ^{D,E}	397,077 ± 0,966 ^E	3,770 ± 0,006 ^{C,E}	3,424 ± 0,005 ^E	4,860 ± 0,003 ^E
od 101 do 200 dní	nad 16,4	17,865 ± 0,029 ^F	398,586 ± 0,832 ^{E,F}	3,708 ± 0,005 ^F	3,515 ± 0,004 ^{C,F}	4,817 ± 0,002 ^{A,F}
od 201 do 300 dní	pod 9,9	14,385 ± 0,032 ^G	390,315 ± 0,901 ^G	4,095 ± 0,005 ^G	3,571 ± 0,005 ^G	4,824 ± 0,003 ^{F,G}
od 201 do 300 dní	nad 9,9 pod 16,4	14,333 ± 0,036 ^{G,H}	372,348 ± 1,015 ^H	3,965 ± 0,006 ^{A,H}	3,386 ± 0,005 ^{B,H}	4,885 ± 0,003 ^H
od 201 do 300 dní	nad 16,4	14,754 ± 0,026 ^I	391,310 ± 0,744 ^{G,I}	3,795 ± 0,004 ^I	3,507 ± 0,004 ^{C,I}	4,825 ± 0,002 ^{F,I}
od 301 dní do konce	pod 9,9	11,775 ± 0,045 ^J	364,127 ± 1,270 ^J	4,180 ± 0,007 ^J	3,606 ± 0,007 ^{D,J}	4,792 ± 0,004 ^{C,J}
od 301 dní do konce	nad 9,9 pod 16,4	11,777 ± 0,050 ^{J,K}	342,319 ± 1,436 ^K	4,069 ± 0,008 ^{G,K}	3,438 ± 0,007 ^{E,K}	4,839 ± 0,004 ^{B,G,I,K}
od 301 dní do konce	nad 16,4	12,746 ± 0,040 ^L	377,459 ± 1,135 ^L	3,852 ± 0,007 ^L	3,535 ± 0,006 ^{A,C,L}	4,804 ± 0,003 ^{A,C,L}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba.

Průměrná teplota mikroklimatu ovlivňovala nádoj u kategorie do 100 dní laktace kolísavým způsobem, kdy bylo průkazně nejnižší hodnoty dosaženo při teplotách mezi 9,9 a 16,4°C, stejně jako u kategorie krav mezi 101 a 200 dny a 201 a 300 dny laktace. U kategorie krav 301 dní až do konce laktace byl v tuto dobu nádoj průkazně nejvyšší. Doba dojení též kolísala, přičemž u krav do 100 dní laktace byla během teplot mezi 9,9 a 16,4°C doba dojení průkazně nejvyšší a u ostatních kategorií naopak nejnižší. Obsah tuku plynule klesal u všech kategorií kromě krav do 100 dní laktace, kde kolísal při teplotách mezi 9,9 a 16,4°C dosáhl k minimu. Obsah bílkovin také kolísal a průkazně nejnižší byl při teplotách 9,9 až 16,4°C. Obsah laktózy kolísal také, ale naopak s průkazně nejvyššími hodnotami v tomto bodě.

Tabulka č. 42 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

Průměrná teplota mikroklimatu (°C)	Model R - square	Průkaznost model	Efekt pořadí laktace	Průkaznost	Efekt průměrné teploty mikroklimatu f - hodnota	Průkaznost
Nádoj (kg)	0.325	<,0001	15733.6	<,0001	317.89	<,0001
Doba dojení (s)	0.031	<,0001	18.69	<,0001	98.18	<,0001
Obsah tuku (%)	0.055	<,0001	208.88	<,0001	3053.87	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.015	<,0001	87.27	<,0001	1103.97	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.006	<,0001	56.85	<,0001	336.75	<,0001

Modelová rovnice pro průměrnou teplotu mikroklimatu byla v případě pořadí laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vysvětluje proměnlivost od 0,6 % do 32,5 %. S nejvyšší vysvětlovací hodnotou pro parametr nádoje (kg) 32,5 %.

Tabulka č. 43 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů pořadí laktace a průměrné teploty mikroklimatu na sledované parametry užitkovosti dojníc pomocí procedury GLM

Pořadí laktace	Průměrná teplota mikroklimatu (°C)	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
1	pod 9,9	13,262 ± 0,026 ^A	397,840 ± 0,740 ^A	4,042 ± 0,004 ^A	3,565 ± 0,004 ^A	4,810 ± 0,002 ^A
1	nad 9,9 pod 16,4	13,230 ± 0,031 ^{A,B}	372,784 ± 0,884 ^B	3,860 ± 0,005 ^B	3,386 ± 0,005 ^B	4,861 ± 0,002 ^B
1	nad 16,4	13,911 ± 0,025 ^C	401,701 ± 0,707 ^C	3,687 ± 0,004 ^C	3,508 ± 0,004 ^C	4,816 ± 0,002 ^{A,C}
2	pod 9,9	16,119 ± 0,029 ^D	391,709 ± 0,838 ^D	4,057 ± 0,005 ^{A,D}	3,570 ± 0,005 ^{A,D}	4,816 ± 0,002 ^{A,D}
2	nad 9,9 pod 16,4	16,222 ± 0,034 ^{D,E}	388,655 ± 0,975 ^{D,E}	3,844 ± 0,006 ^{B,E}	3,394 ± 0,004 ^{B,E}	4,866 ± 0,003 ^{B,E}
2	nad 16,4	16,640 ± 0,028 ^F	386,714 ± 0,808 ^{E,F}	3,832 ± 0,005 ^{E,F}	3,524 ± 0,004 ^{C,F}	4,812 ± 0,002 ^{A,F}
3 a vyšší	pod 9,9	17,160 ± 0,026 ^G	395,473 ± 0,734 ^{A,G}	4,097 ± 0,004 ^G	3,612 ± 0,004 ^G	4,798 ± 0,002 ^G
3 a vyšší	nad 9,9 pod 16,4	16,884 ± 0,030 ^H	393,982 ± 0,850 ^{D,G,H}	3,897 ± 0,005 ^H	3,443 ± 0,004 ^H	4,840 ± 0,002 ^H
3 a vyšší	nad 16,4	17,404 ± 0,024 ^I	389,449 ± 0,693 ^{D,F,I}	3,810 ± 0,004 ^I	3,524 ± 0,004 ^{F,I}	4,804 ± 0,002 ^{A,G,I}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba.

Vliv průměrné teploty na pořadí laktace dojníc je následující. Nádoj měl u dojníc na první a druhé laktaci stoupající tendenci, zatímco u dojníc na třetí a vyšší laktaci kolísal s dosažením průkazně nejnižší hodnoty při teplotách mezi 9,9 a 16,4 °C. Doba dojení u krav na první laktaci kolísala s průkazně nejnižší hodnotou mezi 9,9 a 16,4 °C, zatímco u dojníc na druhé, třetí a vyšší laktaci měla klesající tendenci. Obsah tuku u všech kategorií klesal s nejvyšší hodnotou u krav na třetí a vyšší laktaci při teplotě pod 9,9 °C. Obsah bílkovin kolísal s průkazně nejnižší hodnotou mezi 9,9 a 16,4 °C. obsah laktózy opět nepatrně kolísal s nejvyšší hodnotou mezi těmito teplotami.

Tabulka č. 44 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

THI mikroklimatu	Model R - square	Průkaznost model	Efekt fáze laktace	Průkaznost	Efekt THI mikroklimatu f-hodnota	Průkaznost
Nádoj (kg)	0.325	<,0001	5463.45	<,0001	330.51	<,0001
Doba dojení (s)	0.029	<,0001	708.82	<,0001	0.54	<,0001
Obsah tuku (%)	0.044	<,0001	484.16	<,0001	2239.66	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.003	<,0001	11.93	<,0001	19.01	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.005	<,0001	10.2	<,0001	233.47	<,0001

Modelová rovnice pro THI mikroklimatu byla v případě fází laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a

vysvětluje proměnlivost od 0,3 % do 32,5 %. S nejvyšší vysvětlovací hodnotou pro parametr nádoje (kg) 32,5 %.

Tabulka č. 45 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů fáze laktace a THI mikroklimatu na sledované parametry užitkovosti dojníc pomocí procedury GLM

Fáze laktace	THI mikroklimatu	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
do 100 dní	pod 47	18,530 ± 0,018 ^A	420,976 ± 0,520 ^A	3,849 ± 0,003 ^A	3,480 ± 0,003 ^A	4,823 ± 0,001 ^A
do 100 dní	nad 47 pod 56,2	19,563 ± 0,084 ^B	454,457 ± 2,404 ^B	3,305 ± 0,014 ^B	3,422 ± 0,013 ^B	4,819 ± 0,007 ^{A,B}
do 100 dní	nad 56,2	18,661 ± 0,032 ^C	400,586 ± 0,904 ^C	3,740 ± 0,005 ^C	3,544 ± 0,005 ^C	4,779 ± 0,003 ^C
od 101 do 200 dní	pod 47	17,237 ± 0,020 ^D	400,444 ± 0,570 ^{C,D}	3,921 ± 0,003 ^D	3,528 ± 0,003 ^{C,D}	4,833 ± 0,002 ^{B,D}
od 101 do 200 dní	nad 47 pod 56,2	18,604 ± 0,100 ^{A,C,E}	414,455 ± 2,847 ^{A,E}	3,397 ± 0,017 ^E	3,457 ± 0,015 ^{A,B,E}	4,832 ± 0,008 ^{A,D,E}
od 101 do 200 dní	nad 56,2	17,890 ± 0,036 ^F	397,538 ± 1,018 ^{C,D,F}	3,691 ± 0,006 ^F	3,535 ± 0,005 ^{C,F}	4,796 ± 0,003 ^{B,F}
od 201 do 300 dní	pod 47	14,476 ± 0,021 ^G	385,810 ± 0,612 ^G	4,008 ± 0,004 ^G	3,484 ± 0,003 ^{A,G}	4,855 ± 0,002 ^{E,G}
od 201 do 300 dní	nad 47 pod 56,2	15,132 ± 0,103 ^H	356,357 ± 2,935 ^H	3,746 ± 0,018 ^{C,F,H}	3,517 ± 0,015 ^{A,C,H}	4,812 ± 0,008 ^{A,D,F,H}
od 201 do 300 dní	nad 56,2	14,608 ± 0,032 ^I	390,948 ± 0,906 ^I	3,769 ± 0,005 ^{H,I}	3,524 ± 0,005 ^{C,I}	4,807 ± 0,003 ^{B,E,I}
od 301 dní do konce	pod 47	11,872 ± 0,031 ^J	358,953 ± 0,887 ^{H,J}	4,099 ± 0,005 ^J	3,527 ± 0,005 ^{C,J}	4,817 ± 0,002 ^{A,I,J}
od 301 dní do konce	nad 47 pod 56,2	12,456 ± 0,142 ^K	337,599 ± 4,053 ^K	3,930 ± 0,024 ^{D,G,K}	3,514 ± 0,021 ^{A,C,K}	4,805 ± 0,011 ^{A,C,I,K}
od 301 dní do konce	nad 56,2	12,865 ± 0,047 ^{K,L}	379,209 ± 1,351 ^L	3,829 ± 0,008 ^{A,L}	3,549 ± 0,007 ^{C,L}	4,791 ± 0,004 ^{C,I,F,L}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba.

Vliv THI mikroklimatu na různé fáze laktace dojníc působil následujícím způsobem. U všech kategorií dojníc bylo zjištěno kolísání množství nádoje, přičemž maxima bylo dosaženoprůkazně u THI mezi 47 a 56,2, výjimkou byly dojnice od 301 dní do konce laktace, kde nádoj plynule stoupal. Doba dojení také kolísala, u prvních dvou kategorií bylo u THI mezi 47 a 56,2 dosažena průkazně nejvyšších hodnota u druhých dvou kategorií hodnot nejnižších. Obsah tuku kolísal u všech kategorií s průkazným minimem u THI mezi 47 a 56,2, výjimkou byla opět kategorie od 301 dní do konce laktace, kde tuk klesal. Obsah bílkovin měl kolísavou tendenci u kategorie do 100 dní laktace, 101 až 200 dní laktace a 301 dní do konce laktace, kdy mezi THI 47 a 56,2 byla hodnota průkazně nejnižší. V kategorii 201 – 300 dní laktace došlo ke stoupání obsahu bílkoviny. Obsah laktózy má u všech kategorií relativně vysokou klesající tendenci.

Tabulka č. 45 – Průkaznost modelové rovnice a jednotlivých efektů na sledované parametry

THI mikroklimatu	Model R - square	Průkaznost model	Efekt pořadí laktace	Průkaznost	Efekt THI mikroklimatu f- hodnota	Průkaznost
Nádoj (kg)	0.325	<,0001	4393.44	<,0001	330.51	<,0001
doba dojení (s)	0.029	<,0001	82.08	<,0001	0.54	<,0001
Obsah tuku (%)	0.044	<,0001	43.42	<,0001	2239.66	<,0001
Obsah bílkovin (%)	0.003	<,0001	19.01	<,0001	19.01	<,0001
Obsah laktózy (%)	0.005	<,0001	6.13	<,0001	233.47	<,0001

Modelová rovnice pro THI mikroklimatu byla v případě pořadí laktace průkazná pro všechny parametry (nádoj, doba dojení, obsah tuku, obsah bílkovin, obsah laktózy) a vysvětluje proměnlivost od 0,6 % do 32,5 %. S nejvyšší vysvětlovací hodnotou pro parametr nádoje (kg) 32,5 %.

Tabulka č. 46 – Vyhodnocení vlivů interakcí efektů pořadí laktace a THI mikroklimatu na sledované parametry užitkovosti dojníc pomocí procedury GLM

Pořadí laktace	THI mikroklimatu	Nádoj (kg)	Doba dojení (s)	Obsah tuku (%)	Obsah bílkovin (%)	Obsah laktózy (%)
		LSMEAN ± SE				
1	pod 47	13.352 ± 0,019 ^A	391.133 ± 0,529 ^A	3.941 ± 0,003 ^A	3.489 ± 0,003 ^A	4.835 ± 0,001 ^A
1	nad 47 pod 56,2	13.785 ± 0,086 ^B	362.188 ± 0,459 ^B	3.634 ± 0,015 ^B	3.449 ± 0,013 ^B	4.816 ± 0,007 ^{A,B}
1	nad 56,2	13.883 ± 0,030 ^{B,C}	402.207 ± 0,855 ^C	3.664 ± 0,005 ^{B,C}	3.525 ± 0,004 ^C	4.799 ± 0,002 ^{B,C}
2	pod 47	16.136 ± 0,021 ^D	390.378 ± 0,594 ^{A,D}	3.969 ± 0,003 ^D	3.494 ± 0,003 ^{A,D}	4.840 ± 0,002 ^{A,D}
2	nad 47 pod 56,2	17.347 ± 0,097 ^E	390.724 ± 2,774 ^{D,E}	3.500 ± 0,017 ^E	3.477 ± 0,014 ^{A,B,E}	4.821 ± 0,008 ^{A,C,E}
2	nad 56,2	16.810 ± 0,034 ^F	384.936 ± 0,983 ^F	3.817 ± 0,006 ^F	3.544 ± 0,005 ^{C,F}	4.794 ± 0,003 ^{B,C,F}
3 a vyšší	pod 47	17.099 ± 0,018 ^{E,G}	393.126 ± 0,517 ^{A,E,G}	3.998 ± 0,003 ^G	3.531 ± 0,003 ^{C,G}	4.820 ± 0,001 ^{B,E,G}
3 a vyšší	nad 47 pod 56,2	18.185 ± 0,089 ^H	419.239 ± 2,530 ^H	3.649 ± 0,015 ^{B,H}	3.507 ± 0,013 ^{A,C,H}	4.813 ± 0,007 ^{A,C,G,H}
3 a vyšší	nad 56,2	17.324 ± 0,029 ^{E,I}	389.067 ± 0,937 ^{A,I}	3.790 ± 0,005 ^I	3.545 ± 0,004 ^{A,G,H,I}	4.787 ± 0,002 ^{F,I}

Různá písmena v jednotlivých sloupcích (A, B, C, ...) znamenají statisticky průkazné rozdíly $P < 0,05$. Stejná písmena znamenají neprůkazné rozdíly. LSMEAN – least square means, SE – standardní chyba, THI – teplotně vlhkostní index.

THI mikroklimatu ovlivnilo nádoj krav na první a druhé laktaci ve stoupající tendenci, krávy na vyšší laktaci dosáhly průkazně nejvyššího nádoje během THI 47 – 56,2. Doba dojení u všech kategorií kolísala, u první laktace byla během THI 47 – 56,2 zjištěna průkazně nejnižší hodnota a u druhé, třetí a vyšší laktace nejvyšší hodnoty. Obsah tuku obsah tuku též kolísal a u všech kategorií byla během tohoto rozpětí zaznamenána průkazně nejnižší hodnota obsahu tuku, stejně tak tomu bylo u obsahu bílkovin. Obsah laktózy měl u všech krav na různých laktacích klesající tendenci s nejvyšší hodnotou u druhé laktace u THI pod 47.

6 Diskuze

Mléko a mléčné výrobky patří už od nepaměti mezi hlavní složky potravy celé lidské populace. Se zvyšujícím se nárůstem obyvatel dochází i k vyšším nárokům na produkci mléka. Zvýšením produkčních požadavků je však kladen na dojnice čím dál větší tlak, který se v kombinaci se stále se měnícím klimatem může pro dojnice stát fatálním. Výsledky této práce o dopadu klimatických a mikroklimatických faktorů na užitkovost dojnic by mohla vést k vyšší informovanosti chovatelů o tomto tématu. Investice do potlačení vlivu těchto faktorů na dojnice by pro chovatele mohla mít velký potenciál. Zároveň je povědomí o vlivu klimatických a mikroklimatických faktorů na dojnice výborným podnětem pro další šlechtitelské programy nejen dojeného skotu.

Tato práce byla napsána s cílem vyhodnotit vliv externích faktorů počasí a mikroklimatických podmínek stáje na užitkovost dojnic.

6.1 Vliv klimatických faktorů na užitkovost dojnic

Změna klimatických faktorů bude mít dle predikcí čím dál větší dopad především na dojený skot a to prostřednictvím tepelného stresu a zvyšující se frekvence extrémních jevů (Hill & Wall 2015). Tepelný stres u dojnic je způsoben kombinací faktorů, jako je teplota, vlhkost, sluneční záření a pohyb vzduchu. Existují jasné náznaky, že pozitivní selekce zvířat a vysokou užitkovostí se citlivost k těmto faktorům stále posiluje (Gauly & Ammer 2020).

Na základě provedených analýz vzájemných vztahů mezi jednotlivými sledovanými faktory a parametry byly potvrzeny statisticky významné vztahy mezi mléčnou užitkovostí a klimatickými faktory. Obsah tuku průkazně negativně koreloval s maximální, minimální a průměrnou teplotou. Negativní korelace mezi obsahem tuku a teplotou zkoumali i Mylostyvyi & Chernenko. (2019), kteří došli k velmi podobným výsledkům ($r=-0,2$).

Další slabé negativní korelace byly vyhodnoceny i mezi množstvím nádoje (kg) a průměrnou teplotou. K opačným výsledkům ve své práci došel Rodriquez et al. (1985), který popsal pokles dojivosti už při poklesu průměrných teplot pod 11 °C. To mohlo být způsobeno zkoumáním zvířat na jiných laktacích, než v naší práci, jinými běžnými klimatickými podmínkami nebo jinými faktory. Negativní korelace byly i mezi nádojem a slunečním svitem, obsahem tuku a slunečním svitem a obsahem laktózy a slunečním svitem. Vliv slunečního svitu na nádoj, obsah tuku a obsah laktózy ve své práci zkoumal i Van laer et al. (2015), který potvrdil negativní vliv slunečního svitu na zmíněné parametry. Dále byla negativní korelace mezi obsahem bílkovin a průměrnou teplotou, minimální teplotou a maximální teplotou. Negativní korelační vztah mezi teplotou vzduchu a obsahem bílkovin potvrdil i Bahashwan (2013). Další korelace byla zjištěna také mezi dobou dojení a průměrnou teplotou, minimální teplotou, maximální teplotou a slunečním svitem. Ve své studii Kumar & Mandal (2023) potvrzují rozdíl v době dojení mezi letním a zimním obdobím, kdy v létě zaznamenali pokles doby dojení průměrně o 13 sekund.

Pozitivní korelace byly zjištěny mezi obsahem tuku (%) a průměrnou vlhkostí, které opět potvrzují i Mylostyvyi & Chernenko (2019), kteří zaznamenali o něco silnější míru korelace ($r = 0,2$). Obsah laktózy průkazně koreloval s průměrnou teplotou, minimální

teplotou a maximální teplotou. Podle Mc Donalda et al. (1988) je laktóza běžně málo ovlivňována klimatickými jevy, z důvodu chemického odbourávání rezerv tělesného tuku během horkého období, což pomáhá udržovat energii a glukózu v normálním rozsahu. Korelace byla zjištěna i mezi konduktivitou a průměrnou teplotou, minimální teplotou, maximální teplotou a slunečním svitem. Konduktivita také negativně koreluje s průměrnou vlhkostí. Podle Wolfa et al. (2010) konduktivita jako taková obvykle počasím ovlivněna nebývá a změna přichází především jako důsledek výskytu mastitid způsobených právě vysokými teplotami a vysokou vlhkostí.

6.2 Vliv mikroklimatických faktorů na užitkovost dojnic

Základní funkcí stájí je ochrana zvířat před nepříznivými vlivy počasí. To je splnitelné, pokud je stáj vybavena technologickými a konstrukčními řešeními, která vhodně ovlivňují stájové mikroklima. Hlavní výzvou ve stavbě moderních stájí je udržení vhodného mikroklimatu, tedy teploty a vlhkosti, proudění vzduchu a nízkého obsahu stájových plynů Velecká et al. (2014). Přesto, že je skot velmi přizpůsobivý k široké škále klimatických podmínek, pokud nedojde k úpravě mikroklimatu, dochází vlivem působení klimatických faktorů ke snížení kvality užitkovosti (Polák et al. 2011).

Na základě provedeného vyhodnocení byly potvrzeny statisticky průkazné vztahy mezi mléčnou užitkovostí a mikroklimatickými faktory. Vysoce průkazné korelace byly nalezeny mezi hodnotami obsahu tuku a THI, což potvrzuje Fahim et al. (2021), který také pozoroval negativní korelaci ($r = -0,14$). Významně negativně koreloval i obsah tuku s průměrnou, maximální teplotou, minimální teplota a maximální vlhkost. Obsah bílkovin negativně koreloval a maximální vlhkostí. Toghdory et al. (2022) ve své práci uvedli negativní korelaci mezi teplotou a tukem ($r = -0,59$) a mezi vlhkostí a tukem ($r = -0,41$) a mezi bílkovinou a vlhkostí ($r = -0,30$), což ukazuje na výrazně silnější vztahy v porovnání s našimi výsledky.

Další slabé negativní korelace byly prokázány mezi nádojem, průměrnou vlhkostí a maximální vlhkostí. Na to také poukazuje i Imrich et al. (2021), v jehož studii byla zjištěna mnohem silnější negativní korelace ($r = -0,641$) než v našem výzkumu. Negativní korelace byla zjištěna také mezi obsahem bílkovin, teplotou, vlhkostí a THI. Tuto spojitost ve své práci popisuje i Velecké et al. (2014), která popisuje negativní vliv na obsah laktózy v závislosti na vlhkosti a teplotě. K negativní korelaci dochází i podle výzkumu Cotor et al. (2015), který zaznamenal snížení bílkovin až o 0,94 % z původního stavu při teplotách nad 25 °C. Negativně koreloval také obsah laktózy a THI, to podpořil i výzkum Imricha et al. (2021), který došel k výsledku negativní korelace ($r = -0,696$). Konduktivita slabě negativně korelovala s minimální teplotou a průměrnou vlhkostí.

Pozitivní korelace byly mezi obsahem tuku a minimální vlhkostí. K mnohem vyšší pozitivní korelaci ($r = 0,41$) došel i Toghdory (2022). Mezi obsahem laktózy a maximální vlhkostí a průměrnou vlhkostí proběhla pozitivní korelace, kterou potvrzuje Imrich et al. (2021) s výsledky ($r = 0,412$) Pozitivní korelace proběhly i mezi obsahem laktózy a minimální teplotou, maximální teplotou a průměrnou teplotou. Jak bylo zmíněno výše podle Mc Donalda et al. (1988) je laktóza běžně málo ovlivňována klimatickými jevy z důvodu,

chemického odbourávání rezerv tělesného tuku během horkého období, což pomáhá udržovat energii a glukózu v normálním rozsahu. Konduktivita slabě pozitivně korelovala s maximální vlhkostí, minimální teplotou, maximální teplotou, průměrnou teplotou a THI. Dále byla korelace mezi dobou dojení a minimální vlhkostí.

Jak vyplývá z našich výsledků a zmíněných studií, mikroklima stáje průkazně ovlivňuje užítkovost dojnic. V naší studii byly tyto vztahy slabší, nicméně byli průkazné se stejnými trendy, jako byly potvrzeny ve jmenovaných studiích. Vyhodnocení slabších vztahů v naší studii může být způsobeno mnoha důvody. Důvodem může být kratší pozorované období, výzkumy prováděné v odlišném podnebí, odlišná plemena ve výzkumech nebo individualita. I přes méně silné vztahy, z výsledků vyplývá, že dojnice negativně reagovali na vysokou teplotu, vlhkost a stájové THI. K ovlivnění dojnic těmito faktory mohlo dojít na základě zvýšené tepelené zátěže dojnic, snížení spotřeby krmení, narušení produkce hormonů a následnému vlivu na užítkovost. Důvodem může být také omezená schopnost ochlazování během vysoké relativní vlhkosti. Vliv na užítkovost mohl mít také výskyt mastitid, který je s vysokou teplotou, vlhkostí a THI úzce spojen.

6.3 Vliv klimatických faktorů na mikroklima stáje

Na základě vyhodnocení pozorovaných parametrů byly potvrzeny statisticky významné vztahy mezi klimatickými faktory a mikroklimatem stáje. Zjištěny byly velmi silné korelace mezi všemi faktory. Mezi silné negativní korelace můžeme zařadit vztah mezi vlhkostí mikroklimatu a průměrnou teplotou, maximální teplotou a slunečním svitem. Korelaci mezi vlhkostí a intenzitou slunečního záření potvrzuje Velecká et al. (2014) ($p < 0,05$), stejně tak jako potvrzuje i závislost mezi vlhkostí vzduchu mikroklimatu a vnější teplotě vzduchu. K negativní korelaci došlo také mezi maximální teplotou mikroklimatu, průměrnou vlhkostí a slunečním svitem. Tyto korelace potvrzuje Hammami et al. (2013), který zjistil průkazné teploty uvnitř stáje s vnější relativní vlhkostí ($r = -0,27$) a slunečním zářením ($r = 0,37$). Silné pozitivní vztahy byly vyhodnoceny mezi minimální vlhkostí mikroklimatu a průměrnou teplotou, mezi průměrnou vlhkostí mikroklimatu a průměrnou vlhkostí. Pozitivní korelace poté byly mezi maximální vlhkostí mikroklimatu a průměrnou vlhkostí, toto potvrzuje výzkum Wójcik et al. (2017), který zkoumal vyšší vlhkost mikroklimatu stáje oproti klimatu. Korelovala také průměrná teplota mikroklimatu a sluneční svit. To potvrzuje Hammami et al. (2013), který zjistil hodnotu korelace mezi teplotou mikroklimatu a slunečním zářením ($r = 0,37$). Zjištěné slabé negativní korelace mezi maximální vlhkostí mikroklimatu a slunečním svitem, potvrzuje již výše zmíněný výzkum Velecké et al. (2014).

Faktory vnějšího klimatu mají velmi silný vliv na stájové mikroklima. Přesto, že jsou moderní stáje konstruovány a vybaveny tak, aby došlo k minimalizaci působení extrémních faktorů na dojnice a udržení vhodného mikroklimatu, samozřejmě dochází k jeho ovlivnění vnějším počasím. Na základě základních statistik jsme si mohli všimnout, že stáj velmi neregulovala působení letních teplot a vlhkosti. K regulaci došlo u maximální teploty a maximální vlhkosti,

nikoli u průměrných hodnot. Nicméně v zimních měsících došlo k vyhovujícímu zredukování zimních mrazů a teplota mikroklimatu byla vyšší než venkovní teplota.

6.4 Vliv klimatických a mikroklimatických faktorů na různé skupiny

Provedené analýzy potvrdily statisticky významné vztahy u působení klimatických a mikroklimatických faktorů na různé skupiny dojnic. Výsledky však nejsou jednoznačné, vzhledem k odlišnému působení faktorů počasí na různé skupiny krav na základě fáze laktace a pořadí laktace.

Krávy v různých fázích laktace reagovali na klimatické a mikroklimatické faktory následujícím způsobem. Dojnice během prvních 100 dní laktace dosáhly lepší užitkovosti během nižších teplot, stejně jako dojnice na konci laktace. U dojnic mezi 101 a 200 dny a u dojnic mezi 201 a 300 dny laktace byl nádoj průkazně nejvyšší během teplých dní, doba dojení, obsah tuku a obsah bílkovin byli naopak nejvyšší během nejchladnějších teplot. Dojnice ve všech fázích laktace negativně reagovaly na stoupající vlhkost, naopak na ně relativně individuálně působil úhrn slunečního svitu. Na dojnice na začátku laktace působil vysoký úhrn slunečního svitu negativně, zatímco zbytek dojnic měl vyšší užitkovost. Mléčné složky však klesaly u všech dojnic se zvyšujícím se úhrnem slunečního svitu. Vyšší hodnoty THI obecně způsobovaly vyšší obsah mléčných složek, přičemž na množství nádoje působily individuálně. Dojnice na začátku laktace byly méně negativně ovlivněny v porovnání s dojnicemi na konci laktace.

Největší vliv faktorů klimatu a mikroklimatu na dojnice na vrcholu laktace popsal ve své práci i Trajchev et al. (2016), což souhlasí s našimi výsledky. Mellado et al. (2011), naopak uvedl, že vliv prostředí nejvíce působí na dojnice na začátku laktace. Maust et al. (1972) zase uvedl výsledky, které popisují nejnáročnější rekonvalescenci dojnic na konci laktace. Navíc ve své práci uvedl, že z dlouhodobého hlediska jsou nejnáchylnější skupinou dojnice pod 100 dní laktace, z důvodu rychlého katabolismu tělesných rezerv. Dle těchto studií a především dle prohlášení Maust et al. (1972) můžeme předpokládat, že rozdílné výsledky mezi jednotlivými pracemi jsou způsobeny různou délkou pozorování dojnic, kde některé práce zohledňují i dlouhodobé hledisko a jiné nikoli.

Dojnice na první, druhé i třetí laktaci nebyly vysokými teplotami příliš ovlivněny z hlediska množství nádoje, mléčné složky však s vyššími teplotami klesaly. U všech laktací byl také zjištěn vyšší nádoj během nižší vlhkosti, zatímco složky byly ovlivněny individuálně, bílkovina byla vyšší během nižší vlhkosti, tuk naopak. Při nižší vlhkosti byl zaznamenán vyšší obsah laktózy u první laktace, u druhé a třetí laktace naopak při vyšší vlhkosti. Vyšší úhrn slunečního svitu pozitivně působil na nádoj dojnic na všech laktacích, stejně jako na obsah tuku a bílkovin u třetí laktace, bílkovin u druhé laktace a laktózy u první laktace. U všech laktací byl zjištěn vyšší nádoj během vyššího THI, u dojnic na první laktaci také obsah bílkovin. U druhé a třetí laktace byl vyšší obsah tuku, laktózy a bílkovin zjištěn během nižších hodnot THI.

Na základě výzkumu můžeme zmínit důležitost vnímání rozdílných pořadí a fází laktace v souvislosti s vlivem klimatu a mikroklimatu. Úprava managementu na základě těchto

skupin může sloužit jako prostředek k minimalizaci negativních účinků na užitkovost. Kino et al. (2019) potvrdil významný rozdíl vlivu ročního období, teploty a THI na různá pořadí laktace ($p < 0,05$). Jeho výzkum navíc potvrdil, že nejméně náchylnou skupinou krav jsou dojnice na první laktaci a nejvíce citlivou skupinou jsou dojnice s vyšším pořadím laktace, což souhlasí s naší prací. Jako důvod uvedl snížený příjem sušiny především u krav na vyšších laktacích, špatnou energetickou bilanci po předchozí laktaci nebo vyšší produkci mléka a s tím spojenou vyšší metabolickou náročnost. Způsobem pro zvýšení tepelné tolerance je podle zmíněného výzkumu adekvátní genetická selekce.

7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo posoudit vztah zvolených klimatických a mikroklimatických faktorů na užitkové znaky dojnic holštýnského skotu chovaných v podmínkách vybraného chovu v České republice. Cíle práce byly naplněny formou sepsané rešerše a provedeného pokusu.

- Výsledky výzkumu ukázaly, že klimatické faktory mají významný vliv na užitkovost dojnic. Statisticky průkazné korelace byly zjištěny u všech zkoumaných faktorů. Nejvíce ovlivněným znakem byl obsah tuku.
- Mezi mikroklimatickými faktory a mléčnou užitkovostí byla zjištěna významná souvislost. Statisticky průkazné korelace byly zjištěny u všech zkoumaných faktorů. Nejvíce ovlivněným znakem byl obsah tuku.
- Byl zjištěn velmi silný vliv klimatických podmínek na mikroklima stáje. Nejvíce ovlivněna byla vlhkost mikroklimatu.
- Odlišné skupiny dojnic byly různě ovlivněny různými faktory klimatu a mikroklimatu. Dojnice ve fázi laktace prvních 100 dní byly nejvíce ovlivněny průměrnou teplotou, maximální teplotou, slunečním svitem a nejméně průměrnou vlhkostí. Další citlivou skupinou byly dojnice ve fázi od 300 dní do konce laktace, které byly nejvíce ovlivněny průměrnou vlhkostí a nejméně ze všech skupin průměrnou teplotou a THI. Maximální teplotou byly nejméně ovlivněny dojnice mezi 101 a 200 dny laktace. THI byly ovlivněny všechny skupiny kromě dojnic na konci laktace. Nejvíce ovlivněnou laktací byla třetí a vyšší laktace. Ta byla nejvíce ovlivněna průměrnou a maximální teplotou a THI. První laktace byla nejvíce ovlivněna průměrnou vlhkostí a nejméně THI, průměrnou i maximální teplotou. Dojnice na druhé laktaci byly nejvíce ovlivněny THI a nejméně průměrnou vlhkostí. Obecně byla nejproblémovějším faktorem pro všechny dojnice teplota vzduchu.
- Práce dokazuje, že mikroklimatické podmínky stáje mají významný vliv na užitkové vlastnosti dojnic. Hypotéza č. 1 byla tímto potvrzena.
- Výzkum potvrdil silnější vliv některých klimatických faktorů. Hypotéza č. 2 byla potvrzena.
- Výsledky potvrzují, že dojnice na vyšších laktacích jsou více ovlivněny výskytem extrémního počasí, zároveň, že dojnice na vrcholu laktace jsou citlivější. Hypotéza č. 3 byla potvrzena.
- Navíc výzkum potvrdil, že při využití zprávné mechanizace může stáj regulovat vliv extrémních teplot na mikroklima. V našem výzkumu došlo ke slabé regulaci působení klimatických faktorů během teplých měsíců, zatímco během zimních měsíců byly extrémy regulovány velmi dobře. Hypotéza č. 4 byla částečně potvrzena.

8 Literatura

1. Alexandri E., Jones P. 2008. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and environment*, **43(4)**, 480-493. DOI: 10.1016/j.buildenv.2006.10.055
2. Alhussien M. N., Dang A.K., 2018. Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects, and practical utility in dairy animals: An overview. *Veterinary World*. 2018-5-02, **11(5)**, 562-577 DOI: 10.14202/vetworld.2018.562-577
3. Allen J. D., Hall L.W., Collier R. J., Smith J. F. 2015. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of dairy science*, **98(1)**, 118-127. DOI: 10.3168/jds.2013-7704
4. Allen J. D., Hall L.W., Collier R. J., Smith J. F. 2015. Tabulka – počet stojících krav během působení tepelného stresu. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of dairy science*, **98(1)**, 118-127. DOI: 10.3168/jds.2013-7704
5. Allen J. D., Hall L.W., Collier R. J., Smith J. F. 2015. Tabulka – Tělesná teplota u ležících a stojících dojnic v průběhu tepelného stresu. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of dairy science*, **98(1)**, 118-127. DOI: 10.3168/jds.2013-7704
6. Armstrong D.V. 1994. Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. *Journal of Dairy Science*. **77(7)**, 2044-2050 DOI:10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6
7. Bahashwan S. 2014. Effect of cold and hot seasons on fat, protein and lactose of Dhofari cow's milk. Dostupné z: <https://www.netjournals.org/pdf/NJAS/2014/1/13-057.pdf> [cit. 2024-04-14].
8. Barkema H.W., Schukken Y.H., Zadoks R.N. 2006. Invited Review: The Role of Cow, Pathogen, and Treatment Regimen in the Therapeutic Success of Bovine *Staphylococcus aureus* Mastitis. *Journal of Dairy Science*. **89 (6)**, 1877-1895. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72256-1
9. Becker C. A., Collier R. J., Stone, A. E. 2020. Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows. *Journal of dairy science*, **103(8)**, 6751-6770. DOI: 10.3168/jds.2019-17929
10. Berman A., Folman Y., Kaim M., Mamen M., Herz Z., Wolfenson D., Arieli A., Graber Y. 1985. Upper Critical Temperatures and Forced Ventilation Effects for High-Yielding Dairy Cows in a Subtropical Climate. *Journal of Dairy Science*. **68(6)**, 1488-1495 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(85)80987-5
11. Bernabucci U., Basiricó L., Morera P., Dipasquale D., Vitali A., Piccioli Cappelli F., Calamari L. 2015. Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. **98(3)**, 1815-1827 [cit. 2024-02-07]. DOI:10.3168/jds.2014-8788
12. Best – Cover s.r.o. 2017. Zemědělské technologie. Vybavení ve stáji. Svinovací plachtová vrata. Available from: <https://www.best-cover.cz/zemedelske-technologie/vybaveni-staji/svinovaci-plachtova-vrata/> [cit. 2024-02-10].
13. Bezman D., Lemberskiy – Kuzin L., Katz G., Merin U., Leitner G. 2015. Influence of intramammary infection of a single gland in dairy cows on the cow's milk

- quality. Journal of Dairy Research, **82(3)**, 304-311. DOI: 10.1017/S002202991500031X
14. Bianca W. 1965. Section A. Physiology. Cattle in a hot environment. Journal of Dairy Research. **32(3)**, 291-345 DOI: 10.1017/S0022029900018665
 15. Bianchini F., Hewage K. 2012. How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. Building and environment, **48**, 57-65. DOI: 10.1016/j.buildenv.2011.08.019
 16. Blog.Synthesia.com. 2023 Polyurethane systems, polyester polyols and chemici specialities for construction and industry. Synthesia technology. Dostupné z: <https://blog.synthesia.com/en/the-use-of-polyurethane-on-farms-livestock-farms-sandwich-panel> [cit. 2024-03-26].
 17. Cambra-López M., Aernink A.J.A., Zhao Y., Calvet S., Torres A.G. 2010. Airborne particulate matter from livestock production systems: A review of an air pollution problem. Environmental Pollution. **158(1)**, 1-17 DOI: 10.1016/j.envpol.2009.07.011
 18. Cotor G., Gajaila G., Vitelaru A.B., Ghita M., Braslasu C. 2015. The effect of environmental temperature variation, on milk yield and composition, in dairy cows. Journal of biotechnology. **208(39)**. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2015.06.110
 19. Čespiva M. 2016. Optimalizace parametrů mikroklimatu stájí pro chov dojníc při současné redukci energetické náročnosti vybraných technologických systémů. [PhD.Thesis]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta tropického zemědělství, Praha
 20. Das R, Sailo L, Verma N, Bharti P, Saikia J, Imtiwati, Kumar R. 2016. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. Veterinary World, **9(3)**:260-268.
 21. Do, C. T., Chan, Y. C. 2020. Evaluation of the effectiveness of a multi-sectional facade with Venetian blinds and roller shades with automated shading control strategies. Solar energy, **212**, 241-257. DOI: 10.1016/j.solener.2020.11.003
 22. Doug Savage. 2020. Mitigating Methan: Just Can't Get Enough of that Pink Puffy Seaweed. Holstein International. Dostupné z: <https://www.holsteininternational.com/en/story/mitigating-methane-just-cant-get-enough-of-that-pink-puffy-seaweed> [cit. 2024-02-18].
 23. Fahim N. H., Mohamed Ibrahim M. A. A., Amin A. H., Sadek R. R. 2021. Milk production and reproductive performance of retained and culled cows in a Large Holstein Herd in Egypt. World's Veterinary Journal, **11(3)**, 474-483. Dostupné z: <https://eprints.science-line.com/id/eprint/426/> [cit. 2024-04-14].
 24. Fournel S., Ouellet V., Charbonneau E. 2017. Practices for Alleviating Heat Stress of Dairy Cows in Humid Continental Climates: A Literature Review. Animals. **7(12)** DOI: 10.3390/ani7050037
 25. Gantner V., Bobic T., Gantner R., Gregic M., Kuterovac K., Novakovic J., Potocnik K. 2017. Differences in response to heat stress due to production level and breed of dairy cows. International Journal of Biometeorology **61**, 1675 – 1685. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-017-1348-7> [cit. 2024-02-09].
 26. Gao S.T., Guo J., Quan S.Y., Nan X.M., Sanz Fernandez M.V., Baumgard L.H., Bu D.P. 2017. The effects of heat stress on protein metabolism in lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science. **100(6)**, 5040-5049 DOI: 10.3168/jds.2016-11913
 27. Garrido M., Correia J. R., Keller T. 2015. Effects of elevated temperature on the shear response of PET and PUR foams used in composite sandwich panels. Construction and Building Materials, **76**, 150-157. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2014.11.053
 28. Gauly M., Ammer S. 2020. Review: Challenges for dairy cow production systems arising from climate changes. Animal. s196-s203 DOI:10.1017/S1751731119003239

29. Gebremedhin K., Wu G.B., Perano K. 2016. Modeling conductive cooling for thermally stressed dairy cows. *Journal of Thermal Biology*. **56**, 91-99 DOI: 10.1016/j.jtherbio.2016.01.004
30. Giunta d'Albani A. W., de Kluiver L. L., De Korte A. C. J., Van Herpen R. A. P., Weewer R., Brouwers H. J. H. 2017. Mass loss and flammability of insulation materials used in sandwich panels during the pre-flashover phase of fire. *Fire and Materials*, **41(6)**, 779-796. DOI: [10.1002/fam.2418](https://doi.org/10.1002/fam.2418)
31. Halové systémy s.r.o. 2019. PUR pane – střecha. Halové systémy. Dostupné z: <https://www.halovesystemy.cz/sendvicove-izolacni-pur-panely-pur-panel-strecha> [cit. 2024-03-26].
32. Hammami H., Bormann J., M'hamdi N., Mondaldo H.H., Gengler N. 2013. Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. *Journal of Dairy Science*. **96(3)**, 1844-1855 DOI: 10.3168/jds.2012-5947
33. Hartung J., Phillips V.R. 1994. Control of Gaseous Emissions from Livestock Buildings and Manure Stores. *Journal of Agricultural Engineering Research*. **57(3)**, 173-189 DOI: 10.1006/jaer.1994.1017
34. Haze.cz. 2022. Meteostanice. Haze. Available from: <https://www.haze.cz/meteostanice/> [cit. 2024-03-28].
35. Hempel S., Menz Ch., Pinto S., Galán E., Janke D., Estellés F., Müschner-Siemens T., Wang X., Heinicke J., Zhang G., Amon B., del Prado A., Amon T. 2019. Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change scenarios – uncertainties and potential impacts. *Earth System Dynamics* **10(4)**, 859-884 DOI:10.5194/esd-10-859-2019
36. Henry B.K., Eckard R.J., Beauchemin K.A. 2018. Review: Adaptation of ruminant livestock production systems to climate changes. *Animal*. **12**: s445-s456 DOI:10.1017/S1751731118001301
37. Herbut P., Angrecka S. 2018. Relationship between THI level and dairy cows' behaviour during summer period. *Italian Journal of Animal Science*. 2018-01-02, **17(1)**, 226-233 DOI: 10.1080/1828051X.2017.1333892
38. Herbut, P., Angrecka S., Walczak J. 2018. Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle—a review. *International Journal of Biometeorology* **62(12)**, 2089-2097 DOI:10.1007/s00484-018-1629-9
39. Hill D.L., Wall E. 2015. Dairy cattle in a temperate climate: the effects of weather on milk yield and composition depend on management. *Animal*. **9(1)**, 138-149 DOI: 10.1017/S1751731114002456
40. Hristov A. N., Hanigan M., Cole A., Todd R., Mc Allister T. A., Ndegwa P.M., Rotz A. 2011. Review: Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. *Canadian Journal of Animal Science*. **91(1)**, 1-35 DOI: 10.4141/CJAS10034
41. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(13\)00024-6/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(13)00024-6/fulltext)
42. Chen B., Lewis M.J., Grandison A.S. 2014. Effect of seasonal variation on the composition and properties of raw milk destined for processing in the UK. *Food Chemistry*. **158**, 216-223 DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.02.118
43. Igono M. O., Bjotvedt G., Sandford-Crane H. T. 1992. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *International Journal of Biometeorology* **36(2)**, 77-87 [cit. 2024-02-07]. DOI:10.1007/BF01208917
44. Imrich I., Toman R., Pšenková M., Mlyneková E., Kanka T., Mlynek J., Pontešová B. 2021. Effect of temperature and relative humidity on the milk production of dairy

- cows. *Science, Technology and Innovation*, **13(2)**, 22-27.
DOI:10.5604/01.3001.0015.5609
45. Ismail Z.B. 2017. Mastitis vaccines in dairy cows: Recent developments and recommendations of application. *Veterinary World*. 2017-9-12, **10(9)**, 1057-1062
DOI: 10.14202/vetworld.2017.1057-1062
46. Kaasik A., Maasikmets M. 2013. Concentrations of airborne particulate matter, ammonia and carbon dioxide in large scale uninsulated loose housing cowsheds in Estonia. *Biosystems Engineering*. **114(3)**, 223-231 DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2013.01.002
47. Kadzere C.T, Murphy M.R., Silanikove N., Maltz E. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*. **77(1)**, 59-91 DOI: 10.1016/S0301-6226(01)00330-X
48. Kadzere C.T, Murphy M.R., Silanikove N., Maltz E. 2002. Tabulka hodnot THI. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*. **77(1)**, 59-91 DOI: 10.1016/S0301-6226(01)00330-X
49. Kic P. 2023. Influence of Technological Housing Conditions on the Concentration of Airborne Dust in Dairy Farms in the Summer: A Case Study. *Animals*. **13(14)**. DOI: 10.3390/ani13142322
50. Kino E., Kawakami R., Minamino T., Mikurino Y., Horii Y., Honkawa K., Sasaki, Y. 2019. Exploration of factors determining milk production by Holstein cows raised on a dairy farm in a temperate climate area. *Trop Anim Health Prod* **51**, 529–536 DOI:10.1007/s11250-018-1720-6
51. Knížková I., Kunc P., 2010. Využití evaporačního ochlazování s řídicími jednotkami k eliminaci tepelného stresu u skotu. Certifikované metodika. Výzkumný ústav živočišné výroby. Praha, Uhřetěves. Dostupné z: <https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/11/10066.pdf> [cit. 2024-03-26].
52. Krákora T. 2017. Vytvoření modulu regulace pro systém řízení stáje za pomoci RaspBerry Pi. [Bc. Thesis]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, České Budějovice
53. Kumar A., Mandal D. K. 2023. Effect of Seasons on Expressions of Milking Parlour Behaviours and Milk Yield of Crossbred Jersey Cows in Tropical Climate. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, **42(1)**, 60-64. DOI: 10.18805/ajdfr.DR-1816
54. Lely.com. 2020. Lely launches a system separating mineral streams and converting emissions into value. Massluis. Dostupné z: <https://www.lely.com/press/2020/10/06/lely-launches-barn-system-circular-creation-value/> [cit. 2024-03-26].
55. Mackie R.I., Stroot P.G., Varel V.H. 1998. Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste. *Journal of Animal Science*. **76(5)** DOI: 10.2527/1998.7651331x
56. Malát K. 2021. Snižování emisí metanu v zemědělství. Český svaz chovatelů masného skotu. Available from: <https://www.cschms.cz/index.php?page=novinka&id=3279> [cit. 2024-02-18].
57. Marinov I., Dimov D., Penev T. 2019. Influence of some environmental and paratypical factors on the somatic cells count in milk in black-and-white cows. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. **25(3)** Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Dimo-Dimov-2/publication/338680675_Influence_of_some_environmental_and_paratypical_factors_on_the_somatic_cells_count_in_milk_in_black-and-white_cows/links/5e23f613a6fdcc101575026e/Influence-of-some-environmental-

and-paratypical-factors-on-the-somatic-cells-count-in-milk-in-black-and-white-cows.pdf [cit. 2024-02-07]

58. Marques R. D. S., Cooke R. F. 2021. Effects of ionophores on ruminal function of beef cattle. *Animals*, **11(10)** DOI: 10.3390/ani11102871
59. Mášová H, Šustová K. 2006. Obsah kaseinu u plemen české strakaté a holštýnské. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Ústav technologie potravin, Brno. Available from: http://www.agris.cz/Content/files/main_files/75/153020/28_06.pdf [cit. 2024-02-09].
60. Maust L. E., McDowell R. E., Hooven N. W. 1972. Effect of summer weather on performance of Holstein cows in three stages of lactation. *Journal of Dairy Science*, **55(8)**, 1133-1139. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(72)85635-2
61. McDowell R.E., Hooven N.W., Camoens J.K. 1976. Effect of Climate on Performance of Holsteins in First Lactation. *Journal of Dairy Science*. 59(5), 965-971 DOI:10.3168/jds.S0022-0302(76)84305-6
62. McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, 1988. *Animal Nutrition*. 4th Ed. Longman Scientific & Technical, U.K. pp. 338-346.
63. Mellado M., Antonio-Chirino E., Meza-Herrera C., Veli, F. G., Arevalo J. R., Mellado J., De Santiago, A. 2011. Effect of lactation number, year, and season of initiation of lactation on milk yield of cows hormonally induced into lactation and treated with recombinant bovine somatotropin. *Journal of dairy science*, **94(9)**, 4524-4530 DOI: 10.3168/jds.2011-4152
64. Mylostyvyi R., Chernenko O. 2019. Correlations between Environmental Factors and Milk Production of Holstein Cows. **4(3)** DOI:10.3390/data4030103
65. Olajire A. A. 2010. CO₂ capture and separation technologies for end-of-pipe applications—A review. *Energy*, **35(6)**, 2610-2628. DOI: 10.1016/j.energy.2010.02.030
66. Oprea O. D., Raduta A., Calin S., Andrei C. 2020. Research on percentage variation concerning cow's milk protein, lactose and fat, depending on the season. *Scientific Papers: Series D, Animal Science-The International Session of Scientific Communications of the Faculty of Animal Science*, **63(1)**. Dostupné z: https://animalsciencejournal.usamv.ro/pdf/2020/issue_1/Art25.pdf [cit. 2024-02-07]
67. Ortiz X.A., Smith J.F., Rojano F., Choi C.Y., Bruer J., Steele T., Schuring N., Allen J., Collier R.J. 2015. Evaluation of conductive cooling of lactating dairy cows under controlled environmental conditions. *Journal of Dairy Science*. **98(3)**, 1759-1771 DOI: 10.3168/jds.2014-8583
68. Patra A. K. 2011. Effects of Essential Oils on Rumen Fermentation, Microbial Ecology and Ruminant Production. *Asian J. Anim. Vet. Adv.* **6(5)**, 416-428. Dostupné z: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20113325779> [cit. 2024-03-26].
69. Perano K.M., Usack J.G., Angenent L.T., Gebremedhin K.G. 2015. Production and physiological responses of heat-stressed lactating dairy cattle to conductive cooling. *Journal of Dairy Science*. 98(8), 5252-5261 DOI: 10.3168/jds.2014-8784
70. Polák, O., Falta, D., Zejdová, P., Večeřa, M., Studený, S., & Chládek, G. (2011). Effect of barn microclimate on milk content and technological properties of bulk tank samples in czech flecvieh cows during the whole year. In *MendelNet 2011- Proceedings of International Ph. D. Students Conference*. Dostupné z: https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2011/articles/26_polak_558.pdf [cit. 2024-04-14].
71. Polsky L. M., Von Keyserling A.G. 2017. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science* **100(11)**, 8645-8657 DOI:10.3168/jds.2017-12651
72. Puren.cz. 2010. PIR izolace. Puren. Dostupné z: <http://www.puren.cz.uvds519.active24.cz/cz/co-je-to-pir> [cit. 2024-03-26].

73. Purwanto B. P., Abo Y., Sakamoto R., Furumoto F., Yamamoto S. 1990. Diurnal patterns of heat production and heart rate under thermoneutral conditions in Holstein Friesian cows differing in milk production. *The Journal of Agricultural Science*. **114(2)**, 139-142 DOI: 10.1017/S0021859600072117
74. Rhoads M.L., Rhoads R.P., Vanbaale M.J., Collier R.J., Sanders S.R., Weber W.J., Crooker B.A. Baumgard L.H. 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science*. **92(5)**, 1986-1997 DOI: doi:10.3168/jds.2008-1641
75. Rodriguez L. A., Mekonnen G., Wilcox C. J., Martin F. G., Krienke W. A. 1985. Effects of relative humidity, maximum and minimum temperature, pregnancy, and stage of lactation on milk composition and yield. *Journal of Dairy Science*, **68(4)**, 973-978 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(85)80917-6
76. Roth Z. 2022. Cooling is the predominant strategy to alleviate the effects of heat stress on dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals*. **57(S1)**, 16-22 DOI: 10.1111/rda.13765
77. SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
78. Silanikove N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*. **67(1-2)**, 1-18 DOI: 10.1016/S0301-6226(00)00162-7
79. Smutný M. 2014. Výhody střešních sendvičových panelů. Krytiny – střechy. Dostupné z: https://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/stresni-krytiny/20004-vyhody-stresnich-sendvicovych-panelu-a.html [cit. 2024-03-26].
80. Snell H.G.J., Seipelt F., Van den Weghe H.F.A. 2003. Ventilation Rates and Gaseous Emissions from Naturally Ventilated Dairy Houses. *Biosystems Engineering*. **86(1)**, 67-73 DOI: 10.1016/S1537-5110(03)00113-2
81. Staněk S. 2018. Inovace v živočišné výrobě – dojený skot. Ekomonitor s.r.o. Výzkumný ústav živočišné výroby. Praha, Uhřetěves. Dostupné z: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/sbornik_jaro.pdf [cit. 2024-02-10].
82. Syrůček J., Lipovský D., Sládek M. 2023. Ročenka chovu skotu. Českomoravská společnost chovatelů. Praha
83. Šimková A. 2014. Stájové mikroklima. Automatizace v zemědělské výrobě a v ochraně životního prostředí 7: 12-15 Dostupné z: https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/53847.pdf [cit. 2024-02-07]
84. Šimková A., Smutný L., Krupka F., Švejdomá K., Šoch M. 2015. Stájové mikroklima, automatizace v zemědělské výrobě a v ochraně životního prostředí. *Časopis Automa*. 12 – 15. Dostupné z: https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/53847.pdf
85. Šimková, A., Šoch, M., Švejdomá, K., Zábranský, L., Frejlich, T., Švarcová, A., Čermák, B. 2016. The effect of stable microclimate on milk production of dairy cattle. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, **49(1)**, 186-189. Dostupné z: https://spasb.ro/index.php/public_html/article/view/463 [cit. 2024-02-07]
86. Štolcová M. 2020. Mastné kyseliny v kravském mléce: význam, syntéza, metabolismus a vztah k energetické bilanci dojníc. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha. Dostupné z: <https://www.ctpz.cz/vyzkum/mastne-kyseliny-v-kravskem-mlece-vyznam-synteza-metabolismus-a-vztah-k-energeticke-bilanci-dojnic-1042> [cit. 2024-02-09].
87. Teemusk A., Mander Ü. 2010. Temperature regime of planted roofs compared with conventional roofing systems. *Ecological Engineering*, **36(1)**, 91-95. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2009.09.009

88. Toghdory A., Ghoorchi T., Asadi M., Bokharaeian M., Najafi M., Ghassemi Nejad J. 2022. Effects of environmental temperature and humidity on milk composition, microbial load, and somatic cells in milk of Holstein dairy cows in the northeast regions of Iran. *Animals*, **12(18)**, 2484 DOI: 10.3390/ani12182484
89. Trajchev M., Nakov D., & Andonov S. 2016. The effect of thermal environment on daily milk yield of dairy cows. *Macedonian veterinary review*, **39(2)**, 185-192. DOI: 10.1515/macvetrev-2016-0084
90. Van laer E., Tuyttens F.A.M., Ampe B., Sonck B., Moons C.P.H., Vandaele L., 2015. Effect of summer conditions and shade on the production and metabolism of Holstein dairy cows on pasture in temperate climate. DOI: 10.1017/S1751731115000816
91. Velecká M., Falda D., Javorová J., Večeřa M., Andrysek J., Chládek G. 2013. Effect of bioclimate and milking frequency on milk production of holstein dairy cows in summer. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno. Dostupné z: https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2013/articles/42_velecka_872.pdf [cit. 2024-02-09].
92. Velecká M., Javorová J., Andrysek J., Večeřa M., Falda D., Chládek G. 2014. The effect of stable microclimate on composition of bulk milk samples from Holstein cows. Dostupné z: https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2014/articles/51_velecka_1051.pdf [cit. 2024-04-14].
93. Wanphen S., Nagano K. 2009. Experimental study of the performance of porous materials to moderate the roof surface temperature by its evaporative cooling effect. *Building and environment*, **44(2)**, 338-351. DOI: 10.1016/j.buildenv.2008.03.012
94. West J.W. 2003. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. **86(6)**, 2131-2144 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X
95. West J.W., Mullinix B.G., Bernard J.K. 2003. Effects of Hot, Humid Weather on Milk Temperature, Dry Matter Intake, and Milk Yield of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **86(1)**, 232-242 DOI:10.3168/jds.S0022-0302(03)73602-9
96. Wójcik A., Mituniewicz T., Dzik S., Kostrubiec Ł., Wolska A., Dziegiel, D. 2017. Environmental indicators for assessing the welfare of dairy cattle housed indoors. *ANIMAL SCIENCE AND GENETICS*, **13(1)**, 71-82. DOI: 10.5604/01.3001.0013.5323
97. Wolf J., Wolfová M., Stípková M. 2010. A model for the genetic evaluation of number of clinical mastitis cases per lactation in Czech Holstein cows. *J. dairy sci.*, **93(3)**, 193-204 DOI: 10.3168/jds.2009-2443
98. Zejdová P, Chládek G, Falta D. 2014. Vliv stájového prostředí na chování a mléčnou užitkovost dojníc. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/21/21vliv_prostredi_na_skot_logolink.pdf [cit. 2024-02-09].